DAS MIKROSKOP

und

seine Anwendung, insbesondere für Pflanzen-Anatomie.

Zugleich ein einleitender Unterricht

in der Physiologie der Gewächse.

Von

Dr. HERMANN SCHACHT,
PRIVATDOCENT AN DER UNIVERSITÄT ZU BERLIN.

Mit 51 in den Text gedruckten Holzschnitten und 111 Abbildungen auf fünf lithographirten Tafeln.

Zweite verbesserte und stark vermehrte Auflage.

BERLIN.
VERLAG VON G. W. F. MÜLLER.

1855.

18158

Vorwort.

Es ist mir die Freude geworden, auch für Deutschland eine zweite Auflage dieses Buches bearbeiten zu müssen, nachdem ich kurz zuvor eine gänzliche Umarbeitung desselben für England geliefert habe. Die zweite englische Auflage ist soeben, gleich der ersten, von Frederick Currey übersetzt, bei S. Highley in London erschienen. Die vorliegende deutsche Ausgabe ist, als die später bearbeitete, noch durch meine allerneuesten Erfahrungen verbessert und vermehrt worden.

In der Eintheilung und in der Anordnung des Stoffes habe ich, weil mir dieselbe zweckmäſsig erscheint, nichts ändern wollen, dagegen ist jeder Abschnitt von mir aufs sorgfältigste von neuem durchgearbeitet worden. Mängel und Irrthümer sind, soweit ich sie erkannt habe, verbessert und berichtigt, zahlreiche neue Erfahrungen sind hinzugekommen.

Der Abschnitt IV. enthält in aller Kürze das Wesentlichste über Bau und Form der Pflanzenzellen; in dem Abschnitt V. wird dagegen auf alle wichtigeren anatomisch-physiologischen Verhältnisse im Pflanzenreiche hingewiesen. Die vorliegende Schrift kann deshalb neben ihrer Hauptaufgabe, den Lernenden mit dem Weg der Untersuchung bekannt zu machen, auch dazu dienen, ihn in das Studium der Pflanzen-Anatomie und Physiologie über-

haupt einzuführen, indem sie in kurzen Umrissen den gegenwärtigen Stand unserer Wissenschaft bezeichnet.

Die Holzschnitte aus meinen bereits erschienenen Büchern werden, am passenden Orte, gewifs willkommen sein; für einige neu hinzugefügte, desgleichen für die ganz neuen Tafeln wird man, wie ich hoffe, meinem Verleger Dank wissen, der, ohne den Preis wesentlich zu erhöhen, für die besonders schöne Ausstattung dieser vermehrten Auflage sorgte. Ich darf deshalb hoffen, dafs die Theilnahme, deren sich das Buch bei seinem ersten Erscheinen erfreute, auch auf die zweite, wesentlich verbesserte Auflage übergehen wird.

Die Benutzung meiner Figuren ist Anderen sehr gern, jedoch nur mit Bewilligung und vorangegangener Entschädigung meines Verlegers gestattet.

Wer nicht stille steht, sondern selbst fortwährend lernt, der kann am besten auch Andere belehren. Wer aber durch eigene Forschung lernt, dem wird der Irrthum, der ihm oft begegnet, nicht mehr als Feind erscheinen; denn welche schwierige Frage der Wissenschaft, die überhaupt gelöst ist, wäre wohl mit einem Schlag jemals zum sichern Ziel gekommen? Wie ohne Kampf kein Sieg, so entwickelt sich erst aus dem Irrthum die Wahrheit. Nicht dem Irrthum, vielmehr der Eitelkeit, die sich desselben schämt, sollte man deshalb zürnen. — Ueberall ist unser Wissen noch gering, und darum auch die Hoffnung, noch recht viel zu lernen, um so gröfser.

Berlin, im Februar 1855.

Dr. Hermann Schacht.

Inhalt.

III. Allgemeine Regeln für den Gebrauch des Mikroskopes und für die Herrichtung der Gegenstände.

VI. Einige Beispiele für die Entwickelungsgeschichte der Blüthe.

VII. Ueber das Zeichnen naturwissenschaftlicher, insbesondere mikroskopischer Gegenstände.

VIII. Ueber die Aufbewahrung mikroskopischer Präparate.

DAS MIKROSKOP.

I.

Einleitung.

Die Fortschritte in den Naturwissenschaften sind mit den Fortschritten in der Optik und durch die letzteren, so ziemlich gleichen Schritt gegangen; durch die glänzenden Verbesserungen des Fernrohrs und des Mikroskopes hat die Wissenschaft der neueren Zeit, von einer besseren Methode geleitet, so ungeheuern Aufschwung genommen. Wie die Welt des Grofsen, der gestirnte Himmel, dem menschlichen Auge durchs Fernrohr erschlossen, ihm durch dasselbe eine Kenntnifs der grofsartigsten und einfachsten Naturkräfte gegeben ward, so wird ihm die Welt des Kleinen mit ihrer staunenswürdigen Regelmäfsigkeit durchs Mikroskop eröffnet. Das Fernrohr dient, wie schon sein Name sagt, der Ferne, es führt uns in ferne, uns unerreichbare Gefilde, es zeigt uns das Walten unabänderlicher, seit Jahrtausenden bestehender Gesetze. Das Fernrohr entrückt uns der Erde, es zeigt uns andere Welten; das Mikroskop führt uns zur Erde zurück, es dient so recht unserem Planeten, es ist das Sehrohr der Nähe, es erschliefst uns das Kleine, es zeigt uns den innersten Bau der uns umgebenden Gegenstände. In der Regelmäfsigkeit dieses Baues, der uns besonders schön in allen Organismen entgegentritt, den wir aber auch in den kleinsten Krystallformen der Gesteine bewundern, erkennen wir ebenfalls allgemeine, von einer höheren Macht gegebene Gesetze, wenngleich die Kräfte, unter denen diese Gesetze stehen, uns noch nicht so genau als die Gesetze des Weltraums bekannt sind. Die Welt im Grofsen folgt grofsartigen Gesetzen; auf die Welt im Kleinen kann auch das Kleine Einflufs üben. — Die Erkenntnifs des Kleinen und der Einflüsse und Veränderungen, unter denen es steht, ist für viele Zweige der Natur-

wissenschaften überaus wichtig; der Chemiker, der Zoolog, der Geognost und der Botaniker kann dieser Kenntniſs nicht entbehren, ihm ist das Mikroskop ein nothwendiges Werkzeug, ein unentbehrliches Mittel zur Erkenntniſs geworden.

Aber nicht der Besitz eines Mikroskopes und die Güte eines solchen Instrumentes *allein* genügen; für brauchbare Forschungen gehört *noch mehr*. Man muſs sowohl mit der Behandlung des Mikroskopes als auch der zu untersuchenden Gegenstände *genau* bekannt sein, man muſs vor allem *mit Verständniſs sehen*, man muſs *mit Urtheil beobachten* lernen. Das Sehen ist, wie Schleiden sehr richtig sagt, eine *schwere Kunst*; das mikroskopische Sehen ist noch um so *schwerer*, da es unserem Auge alle Anhaltspunkte aus unserer nicht vergröſserten Umgebung raubt und deshalb einen Vergleich mit derselben unmöglich macht. Wir müssen uns zunächst dieses Verhältnisses bewuſst werden und dasselbe immer berücksichtigen lernen.

Für das mikroskopische Sehen ist namentlich zweierlei zu beachten

1. Daſs wir im Mikroskop, zumal bei starken Vergröſserungen nicht Körper, sondern nur Flächen sehen. (Aus verschiedenen Flächenansichten, durch veränderte Einstellung desselben, in seiner Lage nicht veränderten, durchsichtigen Gegenstandes verschaffen wir uns einen Blick in die Tiefe des letzteren; durch mehrere Flächenansichten desselben Gegenstandes bei veränderter Lage und zwar nach den Richtungen der drei Dimensionen, wird es erst möglich denselben als Körper zu construiren; dies hat in vielen Fällen durch die Beschaffenheit des Gegenstandes selbst, seine groſsen Schwierigkeiten).

2. Daſs wir selten unter dem Mikroskop die Gegenstände in ihrem natürlichen Verhältniſs vor uns haben; daſs wir somit immer die Veränderungen, welche wir zum Theil selbst, entweder durch das Medium, in welches der Gegenstand gelegt ward, oder durch das Messer, oder durch andere Einwirkungen, hervorriefen, berücksichtigen müssen.

Eine lange und gründliche Beschäftigung mit dem Mikroskop sichert vor Täuschungen, an denen *niemals* das Instrument, sondern nur der Beobachter Schuld ist, indem er einerseits das Mikroskop mit dem er arbeitete und dessen Eigenthümlichkeiten nicht kannte und das vom gewöhnlichen Sehen so abweichende Verhältniſs des mikroskopischen Sehens nicht beachtete, dann aber andererseits das natürliche und das veränderte Verhältniſs des Gegenstandes der Beobachtung nicht genug-

sam von einander trennte. Hierzu gesellen sich noch die Täuschungen durch das Auge selbst, durch sogenannte Mouches volantes, so wie Täuschungen durch Unbekanntschaft mit den allgemein in der Luft und im Wasser verbreiteten Dingen, die wir Staub oder Schmutz zu nennen pflegen. Endlich gehören hierher noch die Luftblasen, sowie die Bewegungserscheinungen kleiner Körper, die (sogenannte Molecularbewegung), desgleichen ein Strom durch Verdunstung des Wassers auf dem Objectträger oder durch Mischung zweier Flüssigkeiten auf demselben entstanden. Alle diese Dinge mufs man genau kennen und unterscheiden lernen, dann aber ist eine Täuschung durch dieselben nicht mehr möglich.

Der richtige Gebrauch des Mikroskopes bleibt immer die Hauptsache. Hedwig hat mit den Mikroskopen seiner Zeit mehr über Laubmoose gesehen, die Wissenschaft mehr gefördert, als mancher Beobachter nach ihm mit ungleich besseren Instrumenten. Zum richtigen Gebrauch des Mikroskopes gehört, aufser der Fertigkeit in der Behandlung des Instrumentes und der Gegenstände, vor allen Dingen eine richtige mit Urtheil angewendete Methode, die sich von allem was sie thut genaue Rechenschaft zu geben weifs. Die Untersuchung schreitet mit ihr zwar langsam, aber sicher vorwärts; man sucht den Gegenstand von möglichst vielen Seiten zu erfassen und möglichst gründlich zu erforschen, man erwägt alles aufs genaueste, prüft seine eigenen Beobachtungen aufs gewissenhafteste und gelangt so, Schritt für Schritt weiter gehend, zu einem sicheren Ziele.

Eine Arbeit ohne Methode wird selten zu einem Resultate führen; die zartesten Holzschnitte, nur in einer Richtung, oder gar in einer falschen Richtung ausgeführt, geben keine Erkenntnifs des untersuchten Holzes; einzelne hier und da zerstreute Beobachtungen können gleichfalls nur für den Zustand, den man gerade beobachtete beweisen, aber keine Aufklärungen über frühere oder spätere Zustände gewähren; während nach richtiger Methode erhaltene Reihen sich folgender Zustände für die Entwickelungsgeschichte des untersuchten Gegenstandes unumstöfsliche Beweise liefern. Manche streitige Frage würde, wenn man von richtiger Methode geleitet, planmäfsig und consequent vorgeschritten wäre, längst erledigt sein; ohne Beharrlichkeit wird man am Mikroskop überhaupt nichts erreichen, dagegen durch Ausdauer und Gründlichkeit sichere Resultate gewinnen.

Auch in dieser neuen sehr vermehrten Umarbeitung wird man freilich nicht für jeden speciellen Fall die specielle Methode finden, da ich unmöglich aus eigener Erfahrung alle diese Fälle kennen und ebenso wenig sie hervorheben kann; manches werde ich ohnehin, da es mir an Vorgängern in dieser Art fehlt, übersehen, auch vielleicht manches Ueberflüssige gegeben haben; für die wichtigeren Verhältnisse wird man indefs alles finden, was ich nach reiflicher Ueberlegung für nothwendig halte. Hat man erst einige Untersuchungen mit Gründlichkeit ausgeführt, hat man durch sie Beobachten gelernt, so wird man bald sehen worauf es ankommt und keines Führers mehr bedürfen, man wird sich selbst einen eigenen, der Frage und dem Gegenstande angemessenen Gang zu bilden wissen.

Gründliche Untersuchungen sind, selbst wenn sie nichts Neues bringen, wenn sie nur bestätigen, von unschätzbarem Werthe; oberflächliche Beobachtungen helfen dagegen der Wissenschaft zu nichts. Spielereien, d. h. ein Betrachten dieser und jener Gegenstände ohne Zweck und Zusammenhang mögen hier und da recht unterhaltend sein, zur Belehrung des Beschauers werden sie nur wenig beitragen, da ein Wissen ohne Zusammenhang zu keiner wirklichen Erkenntnifs führt. Wer in diesem Buche eine Aufzählung hübscher und belustigender mikroskopischer Gegenstände sucht, der wird sich täuschen, wer dagegen meine am Mikroskop gesammelten Erfahrungen für eine wissenschaftliche Untersuchung benutzen will, dem biete ich mich dreist und gern als Führer an.

II.

Ueber die zu einer wissenschaftlich-mikroskopischen Untersuchung nothwendigen Hülfsmittel.

---

1. Das zusammengesetzte Mikroskop. Das wesentlichste Erfordernifs eines guten Mikroskopes ist unbedingt die Schärfe und Klarheit seiner Bilder. Die Bilder zarter Gegenstände (und solche können überhaupt nur als Probeobjecte für durchfallendes Licht dienen) müssen leise, aber scharf gezeichnete Umrisse, ohne Farbensaum besitzen; je zarter und schärfer die Begränzungslinien, um so besser ist das Mikroskop. Das Gesichtsfeld mufs aufserdem hell erleuchtet und von keinem Farbensaum umgeben sein.

Die Schärfe der Bilder und die helle Erleuchtung derselben ist zunächst von den Objectiven, d. h. von denjenigen Gläsern, welche das Bild des Gegenstandes auffangen, um es dem Sammelglase des Oculars zu überliefern, abhängig; je genauer die Objective gearbeitet sind, um so vollkommener wird auch das Bild, welches sie entwerfen, sein. Das Ocularglas dient nur dazu, das vom Objectiv entworfene und durch's Sammelglas aufgefangene, Bild nochmals zu vergröfsern; mit dem Bilde wird aber natürlich auch jeder Fehler desselben durch's Ocular vermehrt. Mit der Stärke des Oculars nimmt überdies die Menge des zum Auge gelangenden Lichtes ab, das Bild erscheint dunkeler und schon dadurch undeutlicher.

Diese Gründe bestimmten Oberhäuser, Amici, Nobert und Bénèche ihre Mikroskope mit starken Objectiven und schwachen Ocularen zu versehen; der einzige Nachtheil dieser Einrichtung ist der kurze Abstand zwischen dem zu beobachtenden Gegenstand und dem Objectiv. Da man jedoch, des umgekehrten Bildes halber, das zusammengesetzte Mikroskop nicht zum Präpariren benutzt, so kommt dieser Nachtheil

bei der grofsen Vollkommenheit des so erreichten Bildes gar nicht in Betracht. (Oberhäusers Objectivsystem 7 ist noch ohne Deckglas brauchbar, die Systeme 8 und 9 erfordern dagegen ein Deckglas).

Wenn man Oberhäusers Mikroskop neben einem Instrument von Schick oder Plöfsl bei gleicher Stärke der Vergröfserung mit demselben schwierigen Objecte, z. B. mit Schmetterlingsschuppen oder Infusorienpanzern prüft, so erkennt man auf den ersten Blick die ungeheuren Vortheile dieser Einrichtung; zwar ist bei Oberhäuser der Abstand und das Gesichtsfeld kleiner, das Bild dagegen ungleich schärfer.

Aufser den eigentlich optischen Theilen des Mikroskopes, d. h. aufser den Objectiven und den Ocularen, ist auch das Stativ desselben nicht unwesentlich. Ein gutes Mikroskopstativ mufs feststehen; einen grofsen, wo möglich festen Tisch, eine genaue, wo möglich doppelte Einstellung und einen zweckmäfsig eingerichteten Beleuchtungsapparat besitzen.

Es wäre sehr zu wünschen, dafs alle Optiker, wie es Schleiden bereits ausgesprochen*), ihren Mikroskopen eine solche Höhe gäben, dafs man mit ihnen sitzend arbeiten könnte. Das Mikroskop von Amici, desgleichen sämmtliche Mikroskope Oberhäusers, aufserdem die kleinen Instrumente von Schick, sowie ähnliche von Bénèche besitzen eine derartige Höhe; die grofsen Mikroskope von Schick, Plöfsl und Nobert sind dagegen viel zu hoch. Das Trommelstativ, welches Oberhäuser früher verwendete, noch mehr aber das neue Stativ seiner grofsen Mikroskope, hat wegen seiner Festigkeit und der Gröfse und zweckmäfsigen Einrichtung seines Tisches grofse Vorzüge vor allen bisherigen Stativen; der Tisch des letzteren ist sammt dem Mikroskoprohr um seine Axe drehbar, sonst aber durchaus unbeweglich. Diese verticale Drehung des Tisches wird sowohl bei schief durchfallendem Licht, als auch bei auffallendem Licht sehr wichtig. Das hier besprochene grofse Stativ Oberhäusers ist jetzt von den meisten deutschen Optikern, so von Bénèche, Wappenhans, Merz & Söhne fast unverändert angenommen.

Eine einfache, sogenannte grobe Einstellung des Mikroskopes, sie mag nun durch Zahn und Trieb, (Schick, Plöfsl, Amici, Nobert), oder durch Verschiebung des Rohres in einer Hülse (Oberhäuser, Bénèche, Wappenhans, Merz, Nachez) erreicht werden, hat immer etwas un-

---

*) Schleiden, Grundzüge. Aufl. III. Band I. Pag. 95.

bequemes; die Einstellung durch Zahn und Trieb ist selten, mit Ausnahme von Schiek, hinreichend gut gearbeitet; die sanfte Verschiebung des Rohres erfordert dagegen schon einige Gewandtheit. Die besten neuen Mikroskope haben deshalb, aufser der soeben genannten (groben) Einstellung, noch eine Mikrometerschraube zur feinen Einstellung. Bei allen älteren, mir bekannten Mikroskopen war für diesen Zweck der Objecttisch selbst beweglich, er ward durch die Mikrometerschraube dem Objectiv genähert oder entfernt; nur Oberhäuser gab seinen gröfseren Mikroskopen einen unbeweglichen Tisch, die Mikrometerschraube hebt oder senkt das Rohr, welche Einrichtung unbedingt vorzüglicher ist. Sämmtliche neuere Mikroskope von Schiek, desgleichen die kleineren Instrumente von Bénèche und von Wappenhans sind mit einer, allerdings der Theorie nach fehlerhaften feineren Einstellung versehen, die sich dessen ungeachtet in der Praxis sehr bewährt. Der hinreichend grofse Objecttisch ist nämlich, nach dem Princip von Nobert durch zwei feine Spitzen, gewissermafsen wie eine Klappe, an der Säule des Stativs beweglich aufgehängt. (Taf. 2, Fig. 1.) In dem die Stellung des Tisches zur Säule des Stativs sich vermittelst einer Schraube etwa von 88° bis 92° verändern läfst, wird der Gegenstand dem Objectiv genähert oder entfernt. Das Bild schlottert nicht, der Tisch ist hinreichend fest und der früheren Einrichtung dieser Mikroskope bei weitem vorzuziehen.

Zum Beleuchtungsapparat gehören zunächst der Spiegel und die Blendungen, dann eine Beleuchtungslinse für undurchsichtige Gegenstände, eine Sammellinse nach Nobert, ein Prisme oblique nach Nachez u. s. w. Die beiden zuletzt genannten Apparate sind jedoch bei einem guten Stativ mit schiefer Spiegelstellung durchaus überflüssig.

Wenn das Mikroskop, wie bei gröfseren Instrumenten gewöhnlich, einen Plan- und einen Hohlspiegel besitzt, so verwendet man den ersteren für schwache Vergröfserungen. Amici hat nur einen Planspiegel, über demselben jedoch eine, sowohl in der Höhe wie seitlich verschiebbare Sammellinse, sein Spiegel kann demnach o h n e oder mit der Sammellinse, als Plan- oder als Hohlspiegel, wirken. Durch ein Auf- oder Abwärtsschieben der Sammellinse kann man aufserdem den Brennpunkt der Letzteren u n t e r, a u f oder ü b e r den Gegenstand werfen und dadurch die Intensität des Lichtes vermehren oder vermindern. Oberhäuser erreicht dasselbe, indem er seinen Hohlspiegel auf- und abwärts schiebt; sein neues grofses Stativ besitzt einen Plan-

spiegel und einen Hohlspiegel; ebenso die grofsen Instrumente von Bénèche, Wappenhans und Merz.

Die Cylinderblendungen, welche zuerst von Oberhäuser eingeführt wurden, verdienen unbedingt den Vorzug vor allen übrigen Vorrichtungen dieser Art. Am unzweckmäfsigsten sind die sogenannten drehbaren Scheibenblendungen, wenn selbige in bedeutender Entfernung, oftmals fast einen Zoll unterhalb des Gegenstandes angebracht sind. Schon weit besser wirken einfache in der Mitte durchbohrte Platten, welche man in die Oeffnung des Tisches, unmittelbar unter die Objectplatte legt; Bénèche giebt die letzteren für seine kleinen Mikroskope. Die Oeffnungen in den Cylinderblendungen müssen schon der Theorie nach ungleich kleiner als die Oeffnungen der tiefer gelegenen Scheibenblendungen sein, sie concentriren dadurch das nöthige Licht unweit besser auf den Gegenstand und gewähren überdies die grofse Annehmlichkeit, dafs man kleine Gegenstände unmittelbar über ihre Oeffnung legen kann und sich dadurch das oft zeitraubende Suchen des Gegenstandes unter dem Mikroskop erleichtert. Der gröfste Vortheil der Cylinderblendungen beruht jedoch in ihrer Verschiebbarkeit; je nachdem man dieselben der Objectplatte nähert, oder von ihr entfernt, verstärkt oder dämpft man das Licht. Bei Mikroskopen ohne solche Blendungen mufs man sich durch Beschatten mit der Hand zu helfen suchen. Die Oeffnung der benutzten Blendung mufs immer der Vergröfserung angemessen sein; bei schwachen Vergröfserungen benutzt man weite Oeffnungen, bei starken dagegen enge. Wenn man sehr schief durchfallendes Licht anwendet, so müssen die Blendungen ganz entfernt werden, damit der Tisch ein weites Loch erhält, weil sonst das schiefe Licht nicht gehörig auf den Gegenstand einwirken kann. — Einem geübten Beobachter wird es wohl selten begegnen, dafs ihm für denselben Gegenstand ein Wechseln der Blendung wünschenswerth wird; Oberhäuser hat sein neues grofses Stativ auch für diesen Fall zweckmäfsig eingerichtet, die Blendungen können vertauscht werden, ohne dafs man den Gegenstand zu verschieben braucht.

Bei den älteren Mikroskopen war der Hohlspiegel zwar nach mehreren Richtungen, jedoch immer nur innerhalb der Axe des Rohres beweglich, eine Beleuchtung mit schief durchfallendem Licht war deshalb nur innerhalb sehr beschränkter Grenzen möglich. Amici zeigte zuerst wie wichtig eine solche Art der Beleuchtung in manchen Fällen wird und Oberhäuser vervollkommnete diese Einrichtung, indem er

die Drehung des Tisches um sich selbst hinzubrachte und dadurch Gelegenheit gab, das schief durchfallende Licht in jedem beliebigen Winkel auf den Gegenstand wirken zu lassen. Was Oberhäuser durch die Verschiebbarkeit seines Spiegels aufserhalb der Axe des Rohres und durch die Drehung seines Tisches erreichte, suchte Nachez durch sein Prisme oblique, welches er zwischen Spiegel und Objecttisch, um seine Axe drehbar, anbrachte, zu erlangen und wirklich leistet dieser Apparat bei schwierigen Objecten, z. B. den Flügelschuppen des Weibchens der Hipparchia Janira, sehr gute Dienste; er ist für alle grösseren Stative anwendbar und wird vom Optiker Zeifs in Jena auf Verlangen angefertigt*). Die von Nobert erfundene Sammellinse, die an der unteren Seite plan, an der oberen dagegen am Rande convex und in der Mitte concav geschliffen ist, hat eine ähnliche Wirkung wie das Prisme oblique; hier kommt es jedoch, da sich die Lichtstrahlen auf dem Gegenstande kreuzen, nicht wie bei letzterem auf die Lage des Gegenstandes an; mehrere Schuppen der Hipparchia Janira, deren Richtung eine verschiedene ist, zeigen deshalb gleichzeitig die zarten Querstreifen, während beim schief durchfallenden Licht, es sei nun durch Verschiebung des Spiegels aufserhalb der Axe, oder durch's Prisme oblique erhalten, immer nur diejenige Schuppe deutliche Querstreifen zeigt, deren Längsstreifen dem schief durchfallenden Licht parallel vorlaufen, wo mithin das Licht im rechten Winkel gegen die Querstreifen fällt. Auch diese Sammellinse ist leicht für jedes gröfsere Stativ anwendbar, sie wird ebenfalls von Zeifs in Jena angefertigt. Ich bemerke hier nochmals, dafs bei den grofsen Stativen von Oberhäuser, Bénèche, Wappenhans und Merz sowohl das Prisme oblique als auch die Nobertsche Linse überflüssige Dinge sind. Dagegen sind dieselben zur Verbesserung solcher Instrumente, deren Stativ eine andere Einrichtung besitzt, empfehlenswerth.

Die Verschiebbarkeit des Spiegels aufserhalb der Axe des Rohres ist für jedes ältere Instrument, mit Ausnahme der kleinen Stative nach Oberhäuser und des Trommelstativs, leicht einzurichten, es bedarf dazu nur eines etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll langen Metallarmes, an dessen einem Ende der Bogen, in welchem sich der Spiegel bewegt, drehbar befestigt wird, während das andere Ende des Metallarmes, ebenfalls drehbar und zwar

*) Um diesen Apparat zweckmäfsig anzubringen, ist eine Uebersendung des Mikroskopes an genannten Optiker nothwendig.

in einer dem Brennpunkte des Spiegels angemessenen Höhe, ans Stativ befestigt wird*). Sogar die kleinen Mikroskope der neusten Einrichtung von Bénèche, Wappenhans und Merz, desgleichen von Kellner, sind für schiefe Spiegelstellung eingerichtet.

Die Beleuchtungslinse für undurchsichtige Gegenstände, die fast keinem Mikroskope fehlt, ist in der Regel, da ihr Durchmesser zu klein ist und sie selbst eine zu geringe Krümmung besitzt, wenig brauchbar; Oberhäuser giebt deshalb für seine neuen grofsen Mikroskope eine Sammellinse von 8 Centimetres Durchmesser, die selbst bei trübem Himmel eine hinreichende Menge Licht auf den Gegenstand concentrirt. Wenn man diese Linse, welche auf einem besonderen, schweren Stativ nach verschiedenen Richtungen drehbar ist, vor das Mikroskop stellt und selbige auf farbige Schmetterlingsflügel wirken läfst, so erhält man bei langsamer Drehung des Tisches um seine Axe, indem das Licht in verschiedenen Richtungen auf die Schuppen des Flügels fällt, die schönsten Farbenerscheinungen. Bei Betrachtung opaker Gegenstände wirkt diese Sammellinse in Verbindung mit der Axendrehung des Tisches nicht selten vortrefflich.

Der Tisch des Mikroskopes mufs, wie schon erwähnt, hinreichend grofs und möglichst fest sein; seine Fläche mufs glatt, ohne vorstehende Schrauben und ohne festsitzende Klammern zum Festhalten der Präparate u. s. w. sein; selbst der sogenannte Schlitten, eine Vorrichtung, welche mit Hülfe kleiner Stellschrauben das Object unterm Mikroskop verschiebt, wird für jeden geübten Beobachter nur störend wirken. Für einzelne Fälle mögen dagegen 2 Federklammern, welche in den Tisch gesteckt werden, zweckmäfsig erscheinen.

Als Mefsapparat benutzt man das sogenannte Schraubenmikrometer und das Glasmikrometer, beide haben ihre Vorzüge und ihre Nachtheile; Schick, Plöfsl, Nobert und Merz geben in der Regel Schraubenmikrometer; Amici, Oberhäuser, Bénèche, Wappenhans und Nachez liefern dagegen Glasmikrometer. Die Anwendung des Schraubenmikrometers ist etwas zeitraubend, da man mindestens 7 bis 8 Messungen mit verschiedenen Stellen der Schraube vornehmen und daraus das Mittel berechnen mufs. Das im Ocular liegende Glasmikrometer, welches Oberhäuser auf Verlangen beigiebt, ist sehr genau getheilt, und wie mir scheint für jede mikroskopische Messung, die ohnehin niemals absolut genau

*) Vergleiche Taf. II. Fig. 1.

sein wird, ausreichend; die Messung selbst ist sehr einfach, man zählt nur die Theilstriche und berechnet das Gefundene auf die bekannte Vergröſserung*). Das Schraubenmikrometer ist ohnehin eine sehr theure Zugabe des Mikroskopes, man wird dasselbe unter 40 Thaler nicht erhalten; ein Ocular mit Glasmikrometer kostet dagegen bei Oberhäuser nur 25 Fr.

Als nöthige Zugaben für's Mikroskop betrachte ich nur noch die Objectträger, deren Gröſse und Gestalt dem Objecttisch angemessen sein und die aus blasenfreiem, reinem, nicht zu dickem Spiegelglas bestehen müssen; ferner die Deckgläser, die jetzt sehr gut in England geblasen werden. Die geschliffenen Deckgläser sind zwar, wenn sie gut polirt sind, vorzuziehen, dafür aber auch ungleich theuerer. Die Dicke der Deckgläser muſs den Anforderungen der Objective entsprechen. Alle übrigen Zugaben, z. B. kleine bewegliche, auf dem Objecttisch zu befestigende Zangen und Nadeln, sind überflüssige Spielereien; eben so werthlos sind die unter Glimmer zwischen Holz aufbewahrten sogenannten Probeobjecte. Wer ein gutes Mikroskop besitzt und wem es Ernst ist damit zu arbeiten, der muſs binnen kurzem selbst so viel Geschicklichkeit erlangen, daſs er sich Gegenstände zu präpariren versteht. Als Probeobjecte, welche keinem guten Mikroskope fehlen sollten, bezeichne ich dagegen die Schuppen des Weibchens von Hipparchia Janira, ferner für die gröſsesten und besten Mikroskope einige Kieselpanzer der Navicula Hippocampos angulata. Ein Mikroskop, das bei gehöriger Vergröſserung und Beleuchtung und bei richtiger Einstellung hier dasjenige leistet, was ich von ihm verlange**), bedarf keiner weiteren Empfehlung; ein Mikroskop dagegen, welches hier nicht Stich hält, ist für schwierige Untersuchungen unzureichend.

Die besten mir bekannten Mikroskope der neuesten Zeit, und von diesen kann bei den ungeheuren Fortschritten in der Optik, hier überall nur die Rede sein, werden von Georges Oberhäuser in Paris, von Amici in Florenz, von Nobert in Greifswald, von Schiek in Berlin, von Bénèche und Wasserlein ebendaselbst, von Wappenhans gleichfalls in Berlin, von Plöſsl in Wien, von Merz und Söhne in München, von Kellner in Wetzlar und von Nachez in Paris verfertigt. Auch aus anderen Werkstätten mögen recht brauchbare Instrumente hervorgehen,

*) Siehe den folgenden Abschnitt dieses Buches.

**) Siehe weiter oben.

da ich aber für die gegenwärtige Schrift den Grundsatz festhalten mufs, nur das zu empfehlen und nur über das zu urtheilen, was ich aus eigener Erfahrung kenne, so mufs ich mich auf die genannten gröfstentheils in der Wissenschaft rühmlich bekannten Namen beschränken. Die englischen Mikroskope sind mir leider nur aus Abbildungen bekannt; danach ist zum wenigsten das Stativ lange nicht so zweckmäfsig als nach Oberhäusers Einrichtung.

Ich habe vielfach Gelegenheit gehabt verschiedene Mikroskope aus genannten Werkstätten mit meinem besten Instrumente, einem grofsen Oberhäuser der neuesten Construction, und zwar unter gleichen äufseren Verhältnissen mit denselben schwierigen Objecten zu prüfen, mufs aber gestehen, dafs sowohl in der Schärfe der Zeichnung, als auch in der Eleganz des Bildes, mein Mikroskop sich immer ganz vorzüglich bewährt hat. Ich habe mindestens 30 Mikroskope verschiedener Gröfsen, von Oberhäuser angefertigt, unter den Händen gehabt; ich habe Jahre lang, erst mit einem kleinen, darauf mit einem mittleren Instrumente dieses Optikers gearbeitet, und deren Bilder sehr häufig, sowohl mit verschiedenen Mikroskopen von Schiek und Plöfsl, als auch mit einem Instrumente von Nobert verglichen; der Vergleich entschied fast immer zu Gunsten Oberhäusers. Ich habe kein schlechtes Instrument aus dieser Werkstatt gesehen; mit der Gröfse der Mikroskope und mit dem Preise derselben steigt jedoch, wie natürlich, auch die Güte der Objective. Nächst dem Mikroskope von Oberhäuser kenne ich die Instrumente von Bénèche und von Wappenhans, beide in Berlin, am besten. Genannte Optiker liefern vortreffliche Gläser.

Oberhäusers grofses, neues Stativ habe ich, da es von mehreren Optikern (Bénèche, Wappenhans, Merz) fast unverändert angenommen ist, gewissermafsen als Normalstativ auf Tafel 1 abgebildet; in der Erklärung dieser Tafel bitte ich die einzelnen Details nachzulesen. Das Mikroskop steht sehr fest, es ist jedoch für die Reise etwas schwer; auch ist der Kasten, da das Stativ, was ich übrigens nur loben kann, nicht auseinander genommen wird, etwas grofs und dadurch beim Transport unbequem. Die Objective sind mit den Cylinderblendungen in einem besonderen Kästchen aufbewahrt, (sehr zweckmäfsig und auch anderen Optikern zur Nachahmung zu empfehlen).

Mein Mikroskop besitzt die Objectiv-Systeme, 4, 7, 8 und 9. Das System 7 giebt mit dem ersten Ocular eine mehr als 200malige, das System 9 mit demselben Ocular eine mehr als 400malige Linearver-

grösserung. Der Oculare sind 5, das stärkste derselben gewährt mit dem System 9 eine mehr als 1500malige, noch durchaus brauchbare Vergrösserung (die Querstreifen der Schuppen des Weibchens der Hipparchia Janira erschienen bei dieser Vergrösserung als dicke scharfe Federstriche, sie sind mit Bequemlichkeit zählbar). In neuester Zeit verfertigt Oberhäuser ein noch stärkeres Linsensystem (Nr. 10), welches, gleich dem System 9 vortreffliche Bilder gewährt. Für die Systeme 9 und 10 ist die bereits erwähnte Navicula Hippocampos angulata ein vorzügliches Probeobject. Die schwächeren Objectivsysteme sind nicht im Stande die Liniensysteme dieses Kieselpanzers, drei an der Zahl, auch nur andeutungsweise zu entwickeln*). Der grosse um seine Axe drehbare Tisch, der sehr zweckmässig angebrachte Spiegel und der nicht minder zweckmässig construirte Blendungsapparat leisten in Verbindung mit den vortrefflichen optischen Theilen des Mikroskopes etwas Ausgezeichnetes. Den Kasten des Blendungsapparates habe ich mir durch Zeiss auch zur Anwendung der Nobertschen Linse und des Prisme oblique von Nachez einrichten lassen. Zu Messungen ist eines der 5 Oculare mit einem sehr schönen Glasmikrometer versehen. Das genannte Mikroskop ist seit April 1849 in meinen Händen. Ob die mittleren Instrumente Oberhäusers noch jetzt das Trommelstativ besitzen, kann ich nicht mit Sicherheit angeben; ein solches Stativ hat vor dem Stangenstativ, welches Schiek, Plössl und Nobert im allgemeinen anwenden, grosse Vorzüge, aber leider ist bei dem ersteren und ebenso bei dem kleineren Stativ von Oberhäuser der Spiegel nur innerhalb der Axe des Rohres beweglich. Die kleinen Mikroskope des letztgenannten Optikers sind äusserst preiswürdig, sie besitzen die Systeme 4 und 7 und zwei, auf Verlangen auch drei Oculare; die grobe Einstellung wird, wie bei allen Mikroskopen Oberhäusers, durch Verschiebung des Rohres innerhalb einer Hülse gegeben. Die Stative der kleinen Mikroskope von Schiek, Bénèche, Wappenhans und Merz sind jedoch, weil sie eine freie Säule mit schiefer Spiegelstellung besitzen, in Betreff des Stativs empfehlenswerther. Der Tisch der allerkleinsten Mikroskope von Oberhäuser (zu 100 Fr.) ist etwas zu schmal; weshalb ich die ihnen folgende, nur wenig theuerere Sorte, mit grösserem Tisch, deren optischer Theil derselbe bleibt, vorziehen würde. (Oberhäusers Adresse ist Place Dauphine 19. Paris).

*) Man vergleiche weiter oben.

Das Mikroskop von Amici in Florenz (Schleiden besitzt ein solches) ist in seinen optischen Theilen vortrefflich, die Messingarbeit ist dagegen über alle Maſsen schlecht. Das ganze Instrument ist nur niedrig und deshalb zum Gebrauch bequem. Amici's Mikroskop zeichnet sich vor allen mir bekannten dadurch aus, daſs jedes seiner Linsensysteme, um ein vollkommenes Bild zu geben, eines Deckglases von bestimmter, oft beträchtlicher Dicke bedarf; wendet man ein Deckglas von zu geringer oder von zu groſser Dicke an, so verliert die Schärfe des Bildes. Da die Objective meines Mikroskopes, dessen Bilder dem genannten keineswegs nachstehen, ja dasselbe oftmals übertreffen, für die Dicke der Deckgläser weit weniger empfindlich sind, (das System 7 giebt mit oder ohne Deckglas ein gleich vollkommenes Bild) so scheint mir diese Eigenthümlichkeit von der Güte der Objective unabhängig zu sein. Ganz neue stärkere Objective, welche Hofmeister von Amici erhalten hat, geben ausgezeichnete Bilder; sie bewähren sich für die schwierigsten Probeobjecte, z. B. für Navicula Hippocampos angulata Navicula fulva u. s. w. vortrefflich. Jedes Objectiv verlangt wie früher ein Deckglas von bestimmter Dicke, das stärkste Objectiv muſs sogar durch eine Wasserschicht von dem Deckglase getrennt sein. Man giebt einen Wassertropfen auf das Deckglas und erhält auf diese Weise ein ungleich schöneres Bild, als wenn eine Luftschicht das Objectiv vom Deckglase trennt.

Noberts Mikroskop hat sehr schöne Gläser und nicht minder vortreffliche Meſsapparate. Der Objecttisch ist eigenthümlich, er hängt mit zwei Stiften, gewissermaſsen in einer Angel beweglich, an der Stange des Stativs*). Es hat mir leider die Gelegenheit gefehlt, neuere Mikroskope von Nobert zu sehen, ich weiſs deshalb nicht ob die mancherlei Mängel des Statives jetzt verbessert sind.

Die Mikroskope von Schiek, Pistor und Plöſsl haben schöne Gläser, ihre Objective sind indeſs viel schwächer, die Oculare dagegen viel stärker als bei den Instrumenten der drei zuerst genannten Optiker. Bei Schiek ist die Messingarbeit überall vortrefflich, bei Plöſsl ist sie weniger zu rühmen. Schiek verfertigt kleine und mittlere Mikroskope, die sehr preiswürdig und sehr zu empfehlen sind.

Die beiden Mikroskope Pistors, welche ich zu sehen Gelegenheit hatte, besaſsen das Trommelstativ Oberhäusers mit geringen Abände-

*) Man vergleiche pag. 7.

rungen. Die kleinen Mikroskope von Plöfsl kenne ich nicht. (Schieks Adresse ist Marienstrafse No. 1 a, Berlin).

Bénèche und Wasserlein in Berlin (Leipzigerstrafse No. 80) haben in neuester Zeit sich sehr hervorgethan; die Mikroskope, in verschiedenen Gröfsen und zu sehr verschiedenen Preisen, welche ich zu prüfen Gelegenheit hatte, waren vortrefflich und höchst preiswürdig. Das Bild dieser Mikroskope und namentlich das der theureren, kommt dem Bilde meines Instrumentes am allernächsten; es ist ihm an Schärfe und gänzlichem Farbenmangel gleich; insbesondere sind die stärksten Objective genannter Herren ausgezeichnet. Das System 10 und noch mehr das System 11, welches sie in neuester Zeit verfertigt haben, ist wohl die stärkste Objectivvergröfserung, die bisjetzt von einem Optiker mit Glück hergestellt wurde. Mit dem schwächsten Ocular gewährt dies Objectivsystem bei 250 M. Entfernung eine Vergröfserung von 625mal. Das Bild ist aufserordentlich scharf und vollständig farbenfrei, man sieht bei richtiger Beleuchtung die drei Liniensysteme des Panzers von Navicula Hippocampos angulata sehr zart und scharf gezeichnet. Die Lichtstärke dieses Objectivsystems ist für den kleinen Durchmesser der untersten Linse bedeutend, dasselbe ist noch mit dem stärksten Oculare meines Mikroskopes anwendbar und gewährt mit demselben eine weit über 2000mal hinausgehende noch brauchbare Vergröfserung. Der Focalabstand ist freilich sehr gering, nur die allerdünnsten Deckgläser sind hier anwendbar. Bénèche und Wasserlein haben für ihre gröfseren und mittleren Instrumente das grofse Stativ Oberhäusers (siehe Taf. 1) unverändert angenommen, ihre kleinen Mikroskope besitzen den beweglichen Tisch nach Nobert (vergl. pag. 7) und sind für schiefe Spiegelstellung eingerichtet. Dieselben gewähren eine Vergröfserung von 25—400mal, sie sind demnach für die meisten Untersuchungen ausreichend. Der kürzlich ermäfsigste Preis beträgt 30 Thlr. Pr. Cour.

Noch kleinere Instrumente, nach dem Vorbilde Lerebours in Paris construirt, wo die eine Seitenwand und der Boden des Kastens mit zum Stativ gehören, während der Kasten selbst abgezogen einem Schilderhause vergleichbar ist, kosten nur 15 Thlr. Pr. Cour. Auch die Objective der letzteren sind recht gut; unbillig würde es jedoch sein hier dieselbe Vollkommenheit wie bei den theureren Instrumenten beanspruchen zu wollen; sie sind jedenfalls den gleichen Mikroskopen von Lerebours weit vorzuziehen.

Wappenhans (Besselstrafse 18, Berlin), dessen Mikroskope mir erst seit einigen Jahren bekannt geworden sind, liefert vortreffliche Gläser, deren Bild besonders scharf aber nicht ganz farbenfrei ist. Nach Verlangen giebt derselbe sowohl das grofse Stativ nach Oberhäuser, als auch das Stangenstativ nach Schiek. Die kleineren Instrumente (zu 50 Thlr. Pr. Cour.) haben den Tisch nach Nobert (vergl. p. 7) und eine sehr zweckmäfsig construirte Einrichtung für schiefe Spiegelstellung. Die Vergröfserung dieser Mikroskope geht von 36 — 700mal. Noch kleinere Instrumente nach dem Vorbilde der kleinen Mikroskope von Oberhäuser kosten 35 Thaler.

Wenn ich von meinem Mikroskop, das allerdings für mich einen grofsen Werth besitzt, zunächst redete und mit demselben die Instrumente anderer Optiker verglich, so geschah dies hauptsächlich deshalb, weil ich das genannte Mikroskop und die Vortheile seines complicirten, aber äufserst zweckmäfsigen Stativs am genauesten kenne und es hier zunächst meine Aufgabe ist eigene Erfahrungen mitzutheilen, ich möchte aber keineswegs mifsverstanden werden: sämmtliche von mir erwähnte Mikroskope sind mehr oder weniger zur Untersuchung brauchbar; jeder mufs hier selbst prüfen und ich will nur kurz bemerken, worauf man namentlich zu achten hat. In Betreff des Stativs thut die Gewohnheit viel, der eine wird die Construction des einen Mikroskops, der andere die eines anderen bequemer finden, je nachdem er gewohnt ist, mit dem einen oder mit dem andern zu arbeiten.

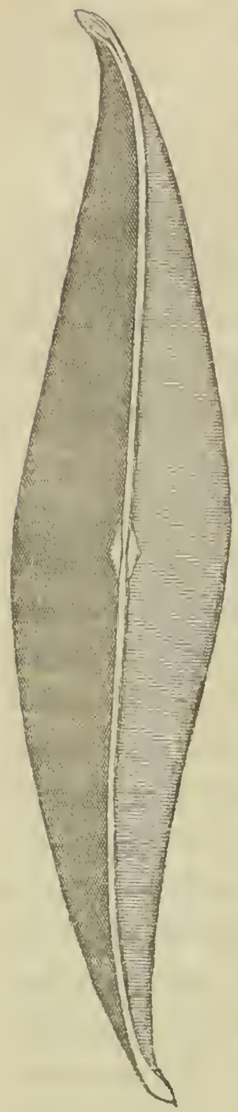
Nach den Ansprüchen, welche der Beobachter macht und nach den Fragen, die er durch seine Forschungen zu lösen wünscht, wird sich auch immer die Güte und darnach wiederum der Preis des Mikroskopes richten müssen. Für alle systematischen und morphologischen Untersuchungen, desgleichen für Anfänger, sowie zur Prüfung der Gewebefasern*) wird ein Mikroskop wie es Bénèche für 15 Thlr. liefert vollkommen ausreichen; will man dagegen sehr schwierige Fragen der Pflanzenanatomie und Physiologie, z. B. Zellenbildung, Entstehung des Embryon, Anatomie der Zellwand u. s. w. ergründen, so sind die theuersten Mikroskope, d. h. wenn sich ihr Preis nach der Güte ihrer Objective und nach der vollkommneren Einrichtung ihres Stativs, wie es meistens der Fall ist, richtet, nicht zu kostbar;

*) Man vergleiche meine Schrift: die Prüfung der Gewebefasern, durch das Mikroskop und durch chemische Reagentien.

wer solche Fragen entscheiden will, mufs auch die besten Instrumente besitzen. Im allgemeinen wird man jedoch mit den kleinen Mikroskopen von Oberherhäuser, von Schiek, von Bénèche, von Wappenhans und Merz, die nahebei im Preise sich gleichkommen, vollständig ausreichen.

Die Güte eines Mikroskopes beurtheilt man am sichersten nach der Vergröfserung, bei welcher es die Details eines Gegenstandes deutlich zeigt; je schwächer diese Vergröfserung zu sein braucht, um so besser ist das Mikroskop. Ein sehr gutes Mikroskop zeigt z. B. die Längsstreifen der Schuppen des Weibchens der Hipparchia Janira, bei 80facher, die Längsstreifen der Schuppen von Lepisma saccharina dagegen schon bei 40facher Linearvergröfserung. Die Querstreifen der Hipparchia-Schuppen sehe ich mit meinem Mikroskop schon bei 200maliger Vergröfserung, die Linien berühren sich dann fast einander, es ist die genaueste Einstellung nothwendig; bei 300 oder 400maliger Vergröfserung, durch stärkere Objective gegeben, treten sie immer deutlicher hervor; die Anwendung starker Oculare zeigt dann nichts mehr, die Linien treten nur weiter von einander, man sieht sie deshalb deutlicher. Ein Mikroskop ersten Ranges mufs diese Linien, die jedoch auch hier nur bei schiefer Spiegelstellung und zwar wenn das schiefe Licht im rechten Winkel gegen die Querstreifen fällt, in diesem Grade sichtbar sind, als scharfe dicht neben einander liegende Linien, die sich mit den Längsstreifen kreuzen, aber weit geringere Abstände wie letztere besitzen, zeigen. Die langen hellen Schuppen sind die schwierigsten und gerade solche mufs man zur Prüfung wählen; auf Taf. II, Fig. 9 gebe ich einen Theil einer solchen Schuppe mit meinem System 9 und Ocular 3 (bei 500maliger Vergröfserung) betrachtet. Wenn die Querstreifen nicht als scharfe Linien, sondern körnig erscheinen, so ist das Mikroskop weniger gut. Die Nobertsche Probeplatte ist, da ein Exemplar nicht absolut wie das andere ausfällt, zur Prüfung weniger geeignet; mein Mikroskop löst sämmtliche Liniensysteme dieser Platten, deren ich bereits 5 Exemplare aufs genaueste prüfte. Die Navicula Hippocampos angulata (Fig. 1), welche man, um sicher zu gehen, als Probeobject von Bourgogne in Paris beziehen kann; ist für die Güte der stärksten Objectivsysteme wohl das beste mir bekannte Prüfobject. Die 3 Systeme äufserst zarter Linien dieses Kieselpanzers, werden mit schwächereren Gläsern als das System 9 von Oberhäuser und Bénèche schwerlich sichtbar zu

Fig. 1.



machen sein, zum wenigsten gelang es mir auf keinerlei Weise. Selbst bei dieser Vergröfserung, ja sogar bei dem System 11 bedarf es einiger Uebung und Kenntnifs der Beleuchtungsweise, welche sich wiederum nach der Beschaffenheit des Lichtes ändern mufs. Jedes Liniensystem wird am besten für sich sichtbar gemacht, indem man das Licht des bedeutend aus der Achse des Rohres geschobenen Spiegels, durch die weite Oeffnung des Tisches (der ganze Blendungsapparat wird herausgezogen) im rechten Winkel gegen die Streifen fallen läfst. Der Panzer mufs so liegen, dafs seine Längsrippe mit dem schief einfallenden Licht einen rechten Winkel bildet, man wird hier zuerst das eine und bei verändertem Focus auch das andere der beiden schief verlaufenden, sich kreuzenden Liniensysteme erblicken; dreht man alsdann den Tisch oder die Objectplatte um 90°, so dafs die Längsrippe des Panzers parallel dem schiefdurchfallenden Lichte verläuft, so wird man auch das dritte System (die Querlinien) wahrnehmen. Für die Sichtbarmachung eines jeden Liniensystems ist in manchen Fällen aufser der Drehung des Tisches noch eine geringe Aenderung der Einstellung nothwendig; es zeigt sich nämlich, dafs jedes Liniensystem einer anderen Schicht des Kieselpanzers angehört und deshalb höher oder tiefer als das andere liegt, wie dies auch bei den Längs- und Querstreifen der Schmetterlingsschuppen entschieden der Fall ist. Die Längsstreifen der Schuppen von Lepisma saccharina gehören z. B. der obersten Schicht, man findet sie bisweilen stellenweise abgeblättert, die schiefen Streifen liegen dagegen unter dieser Schicht. Die dunklen Linien der Quer- und Längsstreifen bei den Schmetterlingsschuppen sowohl als bei den Kieselpanzern der Diatomeen (Navicula) werden demnach durch den Schatten in einer Vertiefung, gleich den Linien eines Glasmikrometers, hervorgerufen, deshalb wirkt das schiefe Licht am besten, wenn es im rechten Winkel gegen diese Linien fällt. Die Querlinien der Navicula Hippocampos sind am schwierigsten sichtbar zu

Fig. 1. Ein Panzer von Navicula Hippocampos angulata bei 650maliger Vergröfserung.

machen; die beiden sich kreuzenden Liniensysteme kann man dagegen bei einer gewissen Einstellung gleichzeitig sehen; alle drei Liniensysteme sind nur bei sehr günstigem Licht gleichzeitig zu erblicken. Diese Linien müssen, wenn das Objectiv besonders gut ist, zart aber durchaus scharf gezeichnet sein. Am besten sieht man dieselben mit dem schwächsten Ocular, doch mufs bei sehr günstigem Licht auch noch das letzte Ocular von Oberhäuser und Bénèche vertragen werden, ohne der Schärfe des Bildes wesentlich zu schaden.

Die sehr starken Objectivsysteme (No. 10 u. 11) sind nur für ganz grofse Mikroskope mit dem vollkommensten Beleuchtungsapparat und nur für einen sehr kundigen Beobachter brauchbar. Sie finden nur für bestimmte Fälle Anwendung, sind dann aber von grofser Bedeutung. Sehr starke Objective verlangen überhaupt immer die vorzüglichsten Präparate und den tüchtigsten Beobachter; es ist durchaus verkehrt, wenn man glaubt mit starken Vergröfserungen in allen Fällen mehr sehen zu können als mit schwachen. Wenn man nicht zu präpariren versteht, wird man sogar mit ihnen ungleich weniger als mit den schwächeren Gläsern sehen, weil in dem Grade, wie die Vergröfserung zunimmt, das Licht abnehmen wird, weshalb die gröfsere Zartheit des Gegenstandes diesen Lichtverlust ersetzen mufs.

2. Ein einfaches, am besten mit Doppellinsen versehenes Präparirmikroskop. Ein solches Instrument mufs aufser guten Linsen einen feststehenden, nicht allzu kleinen Tisch besitzen; auf diesem Tisch sind ein Paar Federklammern, zum Festhalten der Objectplatte anzubringen. Das Stativ wird am zweckmäfsigsten auf einem ziemlich schweren Holzklotz, der zu beiden Seiten eine hervorragende Backe besitzt, befestigt; jede dieser Backen dient während des Präparirens der Hand zum Stützpunkt (Taf. II, Fig. 2).

Ich arbeite seit mehreren Jahren mit einem solchen Instrument von Carl Zeifs in Jena, und kann dasselbe sehr empfehlen. Ein derartiges einfaches Mikroskop hat nach Verlangen, 3 — 6 Doppellinsen, deren Vergröfserung 15, 30, 50, 120, 200 und 300 beträgt; der Focalabstand der dritten Linse ist noch so grofs, dafs selbige, sehr bequem, zum Präpariren gebraucht werden kann. Wer ein zusammengesetztes Mikroskop besitzt, wird die drei letzten Linsen, bei denen kein Präpariren möglich ist, entbehren können. Der Tisch ist unbeweglich, die Einstellung ist doppelter Art; über dem Planspiegel ist eine Sammellinse, die man beliebig zur Seite schieben kann, an-

gebracht. Der Preis eines solchen, einfachen Mikroskopes mit 3 Doppellinsen beträgt 11 Thlr. Pr. Cour.; mit 4 Linsen dagegen 13 Thlr. Die 2 stärksten Linsen (Triplets), welche in ihrer Art vollkommen sind, können für manche Fälle ein zusammengesetztes Mikroskop ersetzen, man sieht mit ihnen die Querstreifen der Hipparchia-Schuppen in überraschend schöner Weise. Der Holzklotz mit den Backen wird auf Verlangen für einen mäfsigen Preis hinzugefügt. — Aehnliche Instrumente, zu gleichem Preise, jedoch etwas anders construirt, werden von dem Sohne des verstorbenen Dr. Körner (Bernhard Körner in Jena) angefertigt. Die Herren Bénèche und Wasserlein in Berlin liefern dieselben ebenfalls. Die einfachen Mikroskope von Schiek haben achromatische Objective und eine durchweg andere Construction.

3. Eine gute Lupe. Bei der Lupe hat man weniger auf die starke Vergröfserung als auf die Schärfe des Bildes und auf die Gröfse des Gesichtsfeldes zu achten. Die gewöhnlichen, aus einem planconvexen oder gar einem biconvexen Glase bestehenden Lupen gewähren nur für die Mitte ein richtiges Bild. Bei den auf Art des Oculars construirten Doppellupen ist diesem Uebelstande abgeholfen, dieselben besitzen in der Regel ein grofses Gesichtsfeld, das in seiner ganzen Ausdehnung ein richtiges Bild gewährt; sie lassen sich überdies sehr zweckmäfsig auf dem Stativ der vorerwähnten einfachen Mikroskope verwenden. Oberhäuser führt 3 solcher Lupen von verschiedener, jedoch nicht bedeutender Vergröfserung, das Gesichtsfeld ist grofs, das Bild vortrefflich; C. Zeifs in Jena liefert eine solche Lupe von 5facher, und eine andere von 12facher Vergröfserung; beide sind sehr zu empfehlen. Bénèche führt sie ebenfalls.

4. Eine Camera lucida. Die einfachste und zweckmäfsigste Einrichtung dieser Art ist das über dem Ocular anzubringende Zeichnenprisma. Dasselbe hat vor allen mir bekannten diesem Zwecke dienenden Apparaten (der Camera lucida nach Oberhäuser, dem Sömmering'schen Spiegel u. s. w.) den Vorzug, dafs es ungleich weniger Licht absorbirt; das durch's Prisma aufs Papier entworfene Bild ist fast ebenso lichtstark und in seiner Zeichnung fast ebenso scharf wie das unmittelbar durchs Ocular empfangene Bild. Das Prisma ist überdies für alle vorhandenen Oculare brauchbar, der Abstand vom Ocular richtet sich jedoch nach der Vergröfserung des letzteren, bei schwachen Ocularen mufs die untere Fläche des Prismas vom Ocularglase entfernt, bei starken dagegen demselben genähert werden. Das Zeichnenprisma

wird vermittelst eines Ringes aufs Mikroskoprohr gesteckt; seine Fassung mufs für dreierlei Bewegungen des Prismas eingerichtet sein. 1. Mufs man das Prisma dem Ocularglase nähern oder es von selbigem entfernen können, 2. mufs das Prisma in horizontaler Richtung beweglich sein, so dafs man dasselbe beliebig ganz zur Seite schieben kann, 3. mufs es sich sowohl horizontal als schief stellen lassen. Beim Gebrauch des Zeichnenprismas hat man nun sowohl auf die Entfernung desselben vom Ocular, als auf seine Stellung zum Ocularglase zu achten. Man mufs das ganze Gesichtsfeld hell und weifs erleuchtet vor sich sehen; wenn nur ein kleiner Theil des Gesichtsfeldes projectirt wird, so ist die Entfernung des Prismas vom Ocular zu bedeutend, wenn dagegen die eine Seite des Gesichtsfeldes farbig erscheint, so ist die Stellung des Prismas zum Ocularglase unrichtig; einige Uebung zeigt hier bald wie diesen Fehlern abzuhelfen ist. Für die Benutzung des Zeichnenprismas bedarf man eines Zeichnenpultes, welches hinter das Mikroskop aufgestellt wird; dasselbe kann zweckmäfsig wie ein Notenpult zum Auf- und Niederklappen eingerichtet werden. Man hat vor allem auf die Lage des Papiers zum auffallenden Bilde zu achten, das letztere mufs genau im rechten Winkel auf das Papier entworfen werden, weil es sonst nothwendig ein verzogenes wird; auch ist für die Vergröfserung auf die Entfernung des Papiers vom Zeichnenprisma zu achten; ich zeichne immer bei gleicher Entfernung, bei 250 Millim. Abstand. Beim Nachziehen der Umrisse des vergröfserten Gegenstandes legt man das Auge dicht an die kleine Oeffnung in der Blendung des Prismas und gewöhnt sich vor allen Dingen den Kopf recht ruhig zu halten. Mit einiger Uebung gelangt man sehr bald zu einer grofsen Fertigkeit. Ich benutze obige Camera lucida überall und mit grofsem Vortheil; der einzige Nachtheil, welchen sie mit sich führt, ist die nochmalige Umkehrung des Bildes, was man bei genauer Ausführung der Zeichnung, wenn man das Prisma zur Seite geschoben hat, wohl beachten mufs; bei etwas verwickelter Zeichnung lasse ich deshalb die Camera über dem Ocular, oder vergleiche zum wenigsten die fertige Zeichnung mit Beihülfe der Camera (Taf. II, Fig. 3).

Das besprochene Zeichnenprisma wird von C. Zeifs in Jena, in zweckmäfsiger Fassung und in einem besonderen Kästchen verwahrt, angefertigt; die Weite des Ringes, welcher das Prisma trägt, richtet sich natürlich nach dem Durchmesser des Mikroskoprohres unterhalb

des Oculars; derselbe ist deshalb bei der Bestellung genau anzugeben. Bénèche sowie Wappenhans liefern dasselbe gleichfalls.

5. Ein Compressorium, oder mikroskopischer Quetscher. Dies Instrument, welches bei pflanzlichen Untersuchungen nur verhältnifsmäfsig selten angewendet wird, kann in einzelnen Fällen durch einen sanften Druck mit dem Nadelheft auf die Deckplatte ersetzt werden; wo es dagegen darauf ankommt Veränderungen eines Gegenstandes während des Druckes und durch denselben wahrzunehmen, da ist ein solches Instrument unentbehrlich.

Die bisher gebräuchliche Einrichtung des Quetschers, der sowohl eine untere Glasplatte zur Aufnahme des Gegenstandes, als auch eine obere Glasplatte, welche als Deckglas diente, besafs, war sehr unbequem; man mufste den Gegenstand erst auf die untere Platte des Quetschers übertragen und brachte ihn dadurch häufig aus seiner günstigen Lage. Zeifs in Jena verfertigt jetzt Quetscher nach Oberhäusers Princip, denen jedoch beide Glasplatten fehlen und wo man den Gegenstand unmittelbar, wie man ihn vorher zur Beobachtung hatte, gleichgültig ob mit einer dicken oder dünnen Deckplatte versehen, unter den Quetscher bringt. Nach der Breite des Objecttisches mufs sich die Breite der unteren Platte des Quetschers richten, weshalb es gut sein wird bei der Bestellung die Breite dieses Tisches anzugeben.

6. Gute englische Rasirmesser. Da die Schärfe des Messers, wenn man irgend ein genügendes Präparat erhalten will, ein Haupterfordernifs ist, so hat man vor allen Dingen für gute Messer zu sorgen und dieselben in gutem Stand zu erhalten. Es läfst sich hier sehr schwer eine bestimmte Fabrik empfehlen, da bekanntlich die Messerklingen derselben Fabrik nicht immer vollkommen gleich ausfallen; auch kann man nicht für alle Zwecke einerlei Messer gebrauchen. Am besten haben sich mir alte englische Rasirmesser bewährt, welche man bisweilen bei den Schleifern und Barbieren erhält; den mit Cast-Steel bezeichneten Klingen möchte ich vor allen den Vorzug geben. Für harte Sachen, z. B. für Holz, für Rinde, für Samenschalen u. s. w. sind Messer mit starkem Rücken, die nicht hohl geschliffen sind, am vorzüglichsten; für weiche, saftige Gegenstände mufs man dagegen viel leichtere, hohl geschliffene Messer anwenden. Man schleift seine Messer am zweckmäfsigsten selbst, da selbige, so wie man sie in der Regel vom Schleifer erhält, noch lange nicht scharf genug sind; auch mufs man, wenn man gute Präparate erhalten, dabei Zeit sparen und

sein Messer scharf erhalten will, es sich zum Gesetz machen das letztere nach jedem zweiten oder dritten Schnitt ein paar Mal über den Streichriemen zu führen.

7. Einige Scalpels, am besten mit gerader Schneide, welche sehr stark (strohgelb) gehärtet sein müssen. Die gewöhnlichen anatomischen Scalpels sind in der Regel zur Herstellung mikroskopischer Schnitte viel zu weich. Die Scalpels scheinen mir ziemlich entbehrlich, weil sich das Rasirmesser, wenn man sich an dasselbe gewöhnt hat, viel sicherer führen läfst. Für einzelne Fälle finden dagegen auch die Scalpelle ihre Anwendung. Die Gewöhnung thut hier wie überall das Beste.

8. Einige Präparirnadeln. Dieselben werden sehr zweckmäfsig so eingerichtet, dafs sie bequem aus dem Heft genommen und mit einer andern vertauscht werden können; man sorgt dafür, dafs ihre Spitze möglichst fein und jederzeit rostfrei ist und schleift sie, wenn dies nicht sein sollte, unter häufigem Umdrehen selbst auf einem mäfsig feinen Schleifstein. Je schwieriger die Präparation, und je stärker die Vergröfserung ist, unter welcher man präpariren will, um so feiner und glatter mufs auch die Spitze der Nadeln geschliffen werden. Man betrachtet die Spitze derselben zuvor mit der Lupe und giebt ihr, wenn sie fein genug ist, den letzten Schliff auf einem recht feinen Wassersteine, wodurch sie gewissermafsen Politur erhält. Englische Nähnadeln sind trotz ihrer schönen Politur, weil sie zu schwach sind und deshalb federn, wenn man sie nicht tief ins Heft einschieben kann, für jede feine Zerlegung unbrauchbar. Aufser geraden Nadeln, deren man zwei besitzen mufs, sind Nadeln mit einer hackenförmig gebogenen Spitze, desgleichen andere, die an ihrer Spitze ein kleines Messerchen tragen, für manche Fälle zu empfehlen. (Taf. II, Fig. 5, 6 u. 7).

9. Eine feine anatomische Scheere.

10. Stahlpincetten von verschiedener Gröfse. Für kleine Gegenstände ist eine Pincette mit ganz feinen, genau auf einander fassenden Spitzen sehr zu empfehlen; die innere Seite dieser Spitzen darf nicht gekerbt, sie mufs durchaus glatt sein, weil sie sonst sehr zarte Theile leicht zerdrückt.

11. Schleifsteine von verschiedener Feinheit, die nach einander und zwar vom gröberen zum feineren übergehend, angewendet werden. Beim Schleifen mufs man das Messer durchaus flach legen, so dafs Rücken und Schneide gleichzeitig den Stein berühren, man mufs

langsam und sicher ziehen, aber niemals fest aufdrücken; für den letzten Schliff sind die grauen Wassersteine, die auch von den Barbieren vielfach benutzt werden, sehr empfehlenswerth. Bei richtiger Handhabung wird ein gutes Messer höchst selten Scharten bekommen. In letzterem Falle oder wenn die Schneide des Messers bei längerem Gebrauch dick geworden ist, rathe ich, das Messer dem Schleifer zu geben. In Berlin werden die Messer bei Füller am Hausvoigteiplatz vorzüglich gut geschliffen.

12. Ein guter Streichriemen. Die bekannten Goldschmidt'schen Riemen oder ähnliche von Füller sen. in Berlin verfertigt, sind besonders zu empfehlen.

13. Ein etwa $\frac{3}{4}$ Zoll hoher Metallring von einer Weite die einen mäfsigen Bouteillenkork aufzunehmen vermag; statt dessen kann man auch, wie ich es anfangs gethan, eine kleine durchbohrte Platte von dickem Spiegelglas anwenden; in letztere oder noch besser in den vorerwähnten Ring schiebt man einen recht weichen fehlerfreien Kork, den man mit einem scharfen Messer der Länge nach halbirt hat; zwischen die beiden Korkhälften wird zuvor der Gegenstand, von dem man einen dünnen Schnitt zu haben wünscht, sorgfältig und mit genauer Beachtung seiner Lage gebracht; (Taf. II. Fig. 4.). Die beiden genau aneinander gelegten Korkhälften, die vom Ringe zusammengehalten den Gegenstand festklemmen, werden etwa $\frac{1}{2}$ Linie über den Rand des Ringes hervorgeschoben; man befeuchtet die Oberfläche des Korks mit etwas Wasser und schneidet jetzt mit einem scharfen Rasirmesser, dem der Kork selbst zur Leitfläche dient, indem man das Messer flach auflegt und die Schneide desselben parallel der Halbirungslinie des Korkes führt, aus der Mitte möglichst dünne Korklamellen; mit diesen Korklamellen erhält man eben so zarte Schnitte des zwischen den beiden Korkhälften befindlichen Gegenstandes, welche man mit einem feinen Haarpinsel vom Messer abhebt und von den Korkschnitten sondert. Noch zweckmäfsiger ist für viele Fälle ein kleiner Handschraubstock, ein sogenannter Stielkloben mit möglichst breiten Backen, zwischen welche man zwei glatte Korkscheiben mit dem zu schneidenden Körper einschraubt. Ich benutze diesen Stielkloben jetzt statt des obenerwähnten Metallrings. Dieses Verfahren des Schneidens zwischen weichem Kork ist in vielen Fällen sehr empfehlenswerth, es eignet sich für alle dünnen, sowie für alle kleinen nicht allzu zarten Gegenstände, z. B. für Quer- und Längsschnitte

durch Blätter, durch Moosstengel, durch kleine Samen u. s. w. Ist der Gegenstand etwas dicker, so höhlt man zweckmäfsig die Korkhälften an der Stelle, welche ihn aufnehmen soll, ein wenig aus. Für sehr weiche Gegenstände ist dies Verfahren nicht brauchbar, dieselben können nur in freier Hand geschnitten werden. Der besprochene Ring oder der Stielkloben ersetzt mir die sogenannten Mikrotome, die ebenfalls nur für ziemlich harte Gegenstände anwendbar sind. Durch beharrliche Uebung erlangt man sehr bald die nöthige Fertigkeit im Schneiden, welche durch künstliche Schneideapparate niemals ersetzt werden kann.

14. Einige gröfsere und kleinere Haarpinsel, um die erhaltenen Schnitte vom Rasirmesser auf die Objectplatte zu übertragen; für ganz kleine Gegenstände sind nur die allerfeinsten Tuschpinsel brauchbar.

15. Einige Glasgeräthe, z. B. kleine Glasglocken, um einmal erhaltene Präparate vor Staub zu schützen, auch zur Zucht von Laub- und Lebermoosen brauchbar. Uhrgläser von ziemlich grofsem Durchmesser, um darin Präparate mit Wasser, Alkohol oder Aether zu behandeln, auch zum Kochen dünner Schnitte mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure. Kleine, am besten gestielte Porzellanpfannen, um Gegenstände in Kalilauge u. s. w. zu kochen, wozu Uhrgläser nicht wohl tauglich sind, weil selbige beim Erhitzen der Kalilösung leicht zerspringen. Lange und ziemlich weite Kochröhren zum Erwärmen von Präparaten mit Wasser oder Alkohol, auch zum eben erwähnten Kochen gröfserer Theile mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure. Möglichst dünne Glasstäbe, um kleine Tropfen gewisser Reagentien aufs Präparat zu bringen. Länglich viereckige Platten von dünnem, möglichst reinem Spiegelglas zum Aufbewahren von Präparaten.

16. Einige, ziemlich flache, weifse Porzellanschalen, am besten gewöhnliche weifse Untertassen. Man mufs deren mindestens zwei, mit reinem Wasser gefüllt, auf seinem Arbeitstische haben, die eine dient alsdann zum augenblicklichen Gebrauch bei der Beobachtung, die andere aber zur Aufnahme der bereits gebrauchten Objectplatten und Deckgläser. Da zu jeder ordentlichen Untersuchung die gröfste Reinlichkeit und Accuratesse erforderlich ist, und überdies sowohl Object- als Deckplatten weit schwerer zu reinigen sind und unweit leichter schrammig werden, wenn Gegenstände auf ihnen festtrocknen, so sind auch dergleichen scheinbar unwichtige Dinge wohl zu berücksichtigen.

17. Eine Spirituslampe.

18. Etwas Fliedermark und feine, oft gewaschene Leinwand, am besten gebrauchtes Kammertuch, zum Reinigen der Objectiv- und Ocularglàser des Mikroskopes. Ein solches Tuch darf niemals zum Reinigen der Objectplatten oder der Deckgläser benutzt werden; für letzteren Zweck kann man minder feine Leinwand anwenden.

19. Einige chemische Reagentien.

a) Alkohol, hauptsächlich zum Entfernen der Luft aus Holzschnitten und anderen Präparaten, auch als Auflösungsmittel einiger Harze und Farbstoffe etc., desgleichen zur Contraction des sogenannten Primordialschlauchs der Pflanzenzellen.

b) Aether, hauptsächlich als Auflösungsmittel von Harzen, von fetten und ätherischen Oelen etc. Auch zum Entfernen der Luft brauchbar.

c) Aetzkalilösung, als Auflösungsmittel von Fetten, auch vielfach durch seine Einwirkung auf den übrigen Zellinhalt und namentlich als Auflösungsmittel des Interzellularstoffs, sowie des Holz- und Korkstoffs der Pflanzenzelle anwendbar. Die Aetzkalilösung wirkt häufig erst nach dem Erwärmen.

d) Jodlösung (1 Gran Jod, 3 Gran Jodkalium, 1 Unze destillirtes Wasser), zum Färben der Zellmembran und des Zelleninhalts.

e) Concentrirte englische Schwefelsäure; vorzüglich bei der Untersuchung des Pollens und des Sporen nothwendig.

f) Eine etwas verdünntere Schwefelsäure (3 Theile englische Schwefelsäure und 1 Theil Wasser), zum Färben der zuvor mit Jodlösung befeuchteten Pflanzenzellen. Man betupft das Präparat mit der Jodlösung, entfernt darauf dieselbe mit einem feinen Haarpinsel und giebt nunmehr vermittelst eines Glasstabes einen Tropfen Schwefelsäure auf das Präparat und bedeckt es sogleich mit einer Deckplatte. Die Einwirkung der Schwefelsäure und des Jods, und gleichfalls die Einwirkung der Chlorzink-Jodlösung erfolgt nicht immer über die ganze Fläche eines Präparates gleichmäfsig, wo die Mischung concentrirter einwirkt, ist die Färbung intensiver, manchmal bleiben sogar Stellen ungefärbt. Die Färbung ändert sich nach einiger Zeit; nach 24 Stunden ist das Blau häufig in Roth verwandelt.

g) Chlorzink-Jodlösung. Ein Tropfen dieser Mischung auf ein in wenig Wasser liegendes Präparat bewirkt dieselbe Färbung als Jod und Schwefelsäure. Diese Mischung ward vom Prof. Schulz, gegenwärtig in Rostock, empfohlen, sie ist bequemer als Jod und Schwefel-

säure zu verwenden und leistet ungefähr dieselben Dienste, wirkt dagegen nicht wie die Schwefelsäure zerstörend. Bisweilen färbt sie nicht, wo durch Jod und Schwefelsäure noch eine blaue Färbung des Zellstoffes hervortritt; man wird deshalb in solchen Fällen sowohl diese Lösung als auch Jod und Schwefelsäure anwenden müssen. Die genaue Vorschrift zu dieser Mischung ist folgende: Man löse Zink in Salzsäure auf, dampfe die Lösung unter Berührung mit metallischem Zink bis zur Syrupdicke ab und löse darauf in diesem Syrup Jodkalium bis zur Sättigung. Alsdann wird Jod zugesetzt und die Lösung, wenn es nöthig ist, mit Wasser verdünnt.

h) Zuckerlösung, *α*) schwacher Zukersyrup der Apotheken als Reagenz auf Stickstoffverbindungen. Man tränkt das Thier- oder Pflanzenpräparat mit der Zuckerlösung, entfernt selbige darauf sorgfältig mit dem Pinsel und giebt alsdann mit einem Glasstab einen Tropfen der unter *f* besprochenen Schwefelsäure hinzu. Wenn Stickstoffverbindungen zugegen sind, so färbt sich das Präparat nach 5 bis 10 Minuten heller oder dunkler rosenroth. Ist die Färbung sehr schwach, so verschwindet dieselbe bisweilen unter dem Mikroskop, man legt die Objectplatte dann zweckmäfsig über weifses Papier, wo das Roth deutlicher hervortritt. *β*) Zuckerwasser zum Contrahiren des Primordialschlauchs der mit Saft erfüllten Pflanzenzellen u. s. w.

i) Salpetersäure, noch besser chlorsaures Kali und Salpetersäure, als Trennungsmittel der Zellen. Das von Schulz in Rostock entdeckte, sehr zweckmäfsige Macerationsverfahren ist folgendes: Man zerkleinert den Gegenstand, z. B. Holz, bis zur Dicke eines Schwefelhölzchens, schüttet denselben in eine lange und mäfsig weite Kochröhre, giebt dem Volumen nach etwa eben so viel chlorsauren Kali hinzu und soviel Salpetersäure, dafs Holz und Kali mindestens davon bedeckt werden; man erwärmt jetzt über der Weingeistlampe; es tritt bald eine lebhafte Gasentwickelung ein, man entfernt die Kochröhre von der Flamme, läfst das oxydirende Gemisch noch etwa $1\frac{1}{2}$ bis 3 Minuten einwirken und schüttet darauf das Ganze in eine Schale mit Wasser; man sammelt alsdann die noch ziemlich zusammenhängenden Stückchen, bringt sie abermals in eine Kochröhre und kocht sie wiederholt so lange mit Alkohol aus, als sich derselbe färbt, dann kocht man sie zuletzt noch einmal mit Wasser. Das Auskochen mit Alkohol ist in jedem Falle zu empfehlen, weil man nicht allein die vorhandenen harzigen Farbstoffe entfernt, sondern auch durch Aetherbildung den letzten Rest

der flüchtigen Säure beseitigt, welche immer den Objectiven der Mikroskope mehr oder weniger gefährlich werden kann. Die Zellen werden jetzt unter dem einfachen Mikroskop mit der Nadel isolirt und ausgesucht. Das Kochen mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali darf niemals in dem Zimmer geschehen, wo das Mikroskop aufgestellt ist, weil dessen Gläser durch die sich entwickelnden Dämpfe leiden könnten. Dünne Pflanzenschnitte, z. B. Holz- oder Blattschnitte erwärmt man zweckmäfsiger $\frac{1}{2}$ bis 1 Minute lang in einem Uhrglase, das Auskochen ist hier überflüssig, man hebt die Pflanzenschnitte mit einem Stäbchen heraus und überträgt sie in ein Uhrschälchen mit Wasser.

k) Citronenöl oder ein anderes ätherisches Oel, zur Betrachtung des Pollens und der Sporen.

l) Eine mäfsig starke Auflösung von salzsaurem Kalk (1 Theil trockner salzsaurer Kalk und 3 Theile destillirtes Wasser), zum Aufbewahren mikroskopischer Präparate. Diese Lösung ist für die meisten Sachen, selbst für zarte Präparate, nur nicht für Stärkmehl, brauchbar. Wenn man ein Präparat, das man nicht sogleich zwischen Glasplatten aufbewahren will, einige Tage zu erhalten wünscht, so giebt man sehr zweckmäfsig einen Tropfen dieser Lösung auf dasselbe und legt es zum Schutz gegen Staub unter eine Glasglocke.

m) Oelsüfs, ebenfalls zum Aufbewahren mikroskopischer Präparate, für Zellen welche Stärkmehl enthalten sehr geeignet. Das letztere erhält sich unverändert; bei Körnern, welche eine Schichtung zeigen, z. B. bei der Kartoffelstärke, pflegt dieselbe freilich für die ersten Stunden unsichtbar zu werden, nach 24 Stunden tritt die Schichtung dagegen um so deutlicher hervor. Das Oelsüfs macht die Präparate in der Regel durchsichtiger, und ist deshalb in vielen Fällen anwendbar, ja häufig als Aufbewahrungsmittel dem Chlorkalium vorzuziehen, dagegen aus demselben Grunde wieder für sehr durchsichtige Gegenstände nicht zu empfehlen, so bewahrt man sehr zarte Präparate über Pflanzenbefruchtung viel zweckmäfsiger unter Chlorkaliumlösung.

n) Copallack und Canadabalsam, ebenfalls zum Aufbewahren mikroskopischer Gegenstände, sind nur bei weniger dünnen Holzschnitten, z. B. bei fossilen Hölzern zu empfehlen, da beide den Gegenstand durchsichtiger als die Chlorkaliumlösung machen.

o) Endlich möchte noch kohlensaures Natron in ziemlich starker Auflösung zur Digestion der Braunkohlenhölzer, sowie Salzsäure zur

Digestion, freilich selten vorkommender, in kohlensauren Kalk übergegangener fossiler Hölzer, Erwähnung finden. Die Essigsäure, welche für thierische Gegenstände oft mit Vortheil gebraucht wird, ist für pflanzliche Untersuchungen ziemlich überflüssig.

20. Zeichnenpapier, Bleifedern, Pinsel und Farben sind ebenfalls zu jeder tüchtigen Untersuchung unentbehrlich.

21. Der Polarisationsapparat läfst sich beim grofsen Stativ nach Oberhäuser sehr bequem anwenden; das eine der Nicol'schen Prismen kommt in den Blendungsapparat unter den Objecttisch, das andere wird am zweckmäfsigsten im Rohr und zwar über den Objectiven angebracht. Oberhäuser giebt dafür ein besonderes Rohr. Man kann jedoch das zweite Prisma auch über dem Ocular anwenden; in diesem Falle müssen jedoch beide Prismen einen gröfsern Durchmesser besitzen, damit durch sie das Gesichtsfeld nicht beschränkt wird. Ein oder mehrere Gipsblättchen von verschiedener Dicke sind, um die Farbe des Gesichtsfeldes zu verändern, als Zugabe angenehm. — Der Polarisationsapparat ist am Mikroskop mehr für aufserordentliche hübsche Spielereien als zur wissenschaftlichen Belehrung geeignet; derselbe weist zunächst Spannungs- oder Dichtigkeitsunterschiede in der Masse eines Körpers nach. Er ist besonders brauchbar, um die geschichtete Beschaffenheit eines Gegenstandes darzuthun. Stärkmehlkörner und stark verdickte querdurchschnittene Zellen zeigen deshalb bei seiner Anwendung ein schwarzes Kreuz, dasselbe gilt für die Tüpfel- und Porenkanäle, wenn man von oben auf dieselben sieht. Der Länge nach durchschnittene Bastzellen, z. B. der China, liefern dagegen prächtige Farbenerscheinungen [1]).

Eine Zusammenstellung der neuesten Preiscourante von Bénèche, Merz, Oberhäuser, Schick, Wappenhans und Zeifs findet man in meinen Beiträgen zur Anatomie und Physiologie der Gewächse.

---

[1]) Man vergleiche meine Pflanzenzelle p. 429—434.

III.

Allgemeine Regeln für den Gebrauch des Mikroskopes und für die Herrichtung der Gegenstände.

Ein Hauptbedürfnifs für jede mikroskopische Untersuchung ist, aufser guten Instrumenten, das gehörige Licht. Wer über die Lage und Beschaffenheit seines Arbeitszimmers frei disponiren kann, sollte die Fenster nach Westen oder Norden, oder noch besser ein Eckzimmer, nach beiden genannten Himmelsgegenden mit Fenstern versehen, wählen. Die letzteren müssen möglichst hoch sein, da das vom Horizont erhaltene Licht immer das günstigste ist; auch das von einer weifsen Wand, oder auch von einer weifsen Wolke, reflectirte Licht, ist oft sehr vortheilhaft; das Licht schnell vorüberziehender Wolken ermüdet dagegen durch den raschen Wechsel der Intensität und Farbe das Auge, man mufs bei einer solchen Beleuchtung die Spiegelstellung fortwährend ändern. Im Sommer wird man gut thun das Fenster zu öffnen, weil das Fensterkreuz und die Rahmen immer Licht wegnehmen. Bei directem Sonnenlicht ist keine ordentliche Untersuchung möglich; dies Licht ist 1. viel zu blendend und für's Auge unerträglich, es bewirkt aber auch 2. Erscheinungen, die zu den gröbsten Täuschungen Veranlassung geben. Wer des Vormittags und Mittags mit dem Mikroskope arbeitet, hat deshalb ein nach Osten oder Süden gelegenes Zimmer zu vermeiden; durch weifse Rouleaux oder Gardinen kann man jedoch dem Uebel ziemlich abhelfen.

Wer sein Auge lieb hat, sollte bei Abend **niemals** mikroskopische Untersuchungen vornehmen; man sieht zwar bei Lampenlicht manche Gegenstände recht schön, dies Licht ist aber unweit greller als das Tageslicht. Wenn man es durch farbige, namentlich durch

blaue Gläser auf den Spiegel fallen läfst, wird es dem Tageslichte ähnlicher und für das Auge angenehmer; ein mattgeschliffenes, in einen Holzrahmen gefafstes, nicht gefärbtes Spiegelglas vor die Lampe gestellt, wirkt in ähnlicher Weise. Fertige Präparate kann man bei einer derartigen Regulirung des Lampenlichts sehr wohl bei Abend vorzeigen, dagegen ist es nicht wohl möglich bei solcher Beleuchtung feine Präparate darzustellen. Für die eigentliche Untersuchung mufs man sich demnach auf den Tag beschränken.

Um das Licht des Horizontes durch den Spiegel des Mikroskopes aufzufangen, stellt man das letztere mindestens 3 Fufs vom Fenster auf; man wendet das Mikroskop mit dem Spiegel nach der Lichtseite und giebt dem ganzen Instrumente, namentlich aber dem Spiegel, indem man in's Ocular sieht, die verschiedensten Stellungen, d. h. man sucht nach Licht. Erst wenn das Gesichtsfeld am reinsten und weifsesten erleuchtet ist, schiebt man den Gegenstand, den man beobachten will, unters Mikroskop. Bei den gröfseren Instrumenten, deren Spiegel nach mehreren Richtungen drehbar ist, braucht man die Stellung des Mikroskopes selbst weniger zu verändern, hier sucht man das Licht zunächst durch die verschiedenen Stellungen des Spiegels; bei Obersers kleinem Stativ, dessen Spiegel nur nach einer Richtung beweglich ist, hat man dagegen die Stellung des Mikroskopes selbst zum Licht ungleich mehr zu beachten.

Will man undurchsichtige Gegenstände mit auffallendem Lichte betrachten, so nähert man oftmals das Mikroskop mit Vortheil dem Fenster. Da man für diese Art der Beleuchtung unweit mehr Licht bedarf, so ist hier directes Sonnenlicht bisweilen anwendbar, in Ermangelung desselben bedient man sich der Sammellinse, durch welche man möglichst viel Licht auf den Gegenstand concentrirt. Man verhindert dabei den Zutritt des von unten kommenden, bei dieser Art der Beleuchtung störenden, Lichts am besten durch eine auf den Objecttisch gelegte geschwärzte Glas- oder Holztafel; für ganz dunkele Gegenstände ist eine weifse, nicht glänzende, Unterlage oftmals sehr vortheilhaft. Die Beleuchtung von oben scheint selbst bei durchsichtigen Gegenständen manchmal Vortheil zu gewähren, so sieht man z. B. die 3 Liniensysteme der Navicula Hippocampos angulata, wenn man von oben beleuchtet, schon mit Objectiven, welche dieselben bei einer Beleuchtung von unten nicht zeigen würden. Man stellt zu diesem Ende das Mikroskop so schief, dafs die Sonnenstrahlen direkt zwischen

das Objectiv und den Gegenstand einfallen können. Das System 7 von Oberhäuser und von Bénèche, desgleichen die stärkste Combination von Wappenhans zeigen in diesem Falle mit starken Ocularen die Streifung sehr deutlich; die Panzer schillern hierbei in den verschiedensten Farben.

Der Tisch, an dem man eine mikroskopische Untersuchung vornimmt, mufs hinreichend grofs sein und recht feststehen; man mufs sich überhaupt so einrichten, dafs alle Apparate, die man etwa benutzt, bequem zur Hand sind, man erspart dadurch viel Zeit und die letztere vergeht bei einer mikroskopischen Untersuchung nur ohnehin zu schnell, überdies ist bei einem allzu beschränkten Raum ein wirkliches Präpariren unter dem einfachen Mikroskop kaum möglich. Wie der Chemiker für genaue Untersuchungen eines besonderen Laboratoriums bedarf, so mufs auch der mikroskopische Beobachter für seine Forschungen mindestens einen eigenen Arbeitstisch, der zu keinem anderen Zwecke dient, besitzen. Geräumige Schiebladen, zur Aufnahme der verschiedenen Apparate, sind an diesem Tisch sehr wünschenswerth.

Im kalten Zimmer beschlägt sowohl das Ocular als auch die Deckplatte, unter welcher ein Gegenstand liegt, vom Hauche des Beobachters. Dasselbe erfolgt, wenn man das Mikroskop aus einem kalten Raum in ein warmes Zimmer bringt. Man bewahrt deshalb sein Mikroskop für den Winter zweckmäfsig im geheizten Zimmer, da es, zumal bei einem sehr massiven Objecttische, oftmals lange dauert, ehe sich das Instrument hinreichend erwärmt hat.

Jeden zu untersuchenden Gegenstand betrachtet man zuerst unter einer schwachen Vergröfserung, da man bei ihr einen unweit gröfseren Theil desselben übersieht und so einen besseren Totaleindruck erhält. Bei einer schwachen Vergröfserung benutzt man für durchfallendes Licht die Blendungen mit weiter Oeffnung; sollte das Licht zu stark sein, so verwendet man statt des Hohlspiegels zweckmäfsig den Planspiegel, der an gröfseren Mikroskopen selten fehlt. Bei Mikroskopen mit Cylinderblendungen dämpft man aufserdem das Licht durch allmäliges Herabziehen der Blendung, bei der Scheibenblendung beschattet man dagegen den Gegenstand durch langsames Auf- und Abbewegen der linken Hand vor dem Spiegel. Nachdem man sich bei einer schwachen, etwa 50fachen, in einzelnen Fällen bei einer noch schwächeren, Vergröfserung gehörig orientirt hat, vertauscht man das

schwache Objectivsystem mit einem stärkeren; erst wenn das stärkste Objectivsystem, oder nach der Einrichtung der Mikroskope von Nobert, Schiek, Plöfsl und Wappenhans die stärkste Linsencombination verwandt ist, und man eine noch stärkere Vergröfserung wünschenswerth findet, greift man zu einem stärkeren Oculare. Ich benutze in der Regel nur das schwächste Ocular meines Mikroskopes (Oberhäusers Nr. 1.) und steigere wie angegeben die Vergröfserung, indem ich nach einander von den schwächeren zu den stärkeren Objectivsystemen übergehe. Was ich bei dem stärksten Objectivsystem (Nr. 11.) von Bénèche und dem schwächsten Ocular nicht sehen kann, macht mir auch kein stärkeres Ocular mehr sichtbar; aber dennoch ist zum bequemeren Sehen und namentlich zum Zeichnen die Anwendung eines stärkeren Oculars oftmals nicht ohne Vortheil. So lange man durch Objective die Vergröfserung erhöhen kann, sollte man indefs niemals zum Oculare seine Zuflucht nehmen, da durch ein stärkeres Ocular das Licht, noch mehr aber die Schärfe in der Zeichnung des Bildes nothwendig abnimmt, was bei Anwendung starker Objective nicht der Fall ist. Wo es sich um eine bedeutende Schärfe des Bildes handelt, ist es sogar oftmals vortheilhaft das Rohr des Mikroskopes zu verkürzen und dadurch das Ocular dem Objectivsystem zu nähern, das Bild wird zwar kleiner aber ungleich schärfer und lichtstärker als bei langem Rohr. Bei Anwendung der stärkeren Objective benutzt man vortheilhaft eine Blendung mit kleiner Oeffnung; indem dieselbe das überflüssige Licht abhält, gewinnt das Bild an Schärfe; durch ein ganz allmäliges Herabziehen der Cylinderblendung beschränkt man alsdann den Lichtkegel, der vom Spiegel auf den Gegenstand geworfen wird, noch mehr. Durch ein solches behutsames Dämpfen des Lichts verleiht man dem Gegenstande in der Regel eine dunklere und somit deutlichere Zeichnung. In ganz schwierigen Fällen ist es gut das ins Mikroskop sehende Auge mit der linken Hand zu beschatten; Oberhäuser empfiehlt für denselben Zweck einen etwa $1\frac{1}{2}$ Fufs langen und fast eben so breiten Pappschirm, der vor dem Mikroskop an einer in den Arbeitstisch eingeschraubten Eisenstange auf und ab bewegt werden kann. Dieser Schirm wird an der Stange soweit gehoben und vermittelst einer Schraube festgestellt, dafs der Spiegel sein Licht vom Horizont empfangen kann; er dient, wie die Beschattung mit der Hand, namentlich dazu um fremdes Licht vom Auge abzuhalten. Das Beschatten mit der Hand ist bequemer und in

der Regel ausreichend; es ist auch bei auffallendem Licht mit Vortheil anzuwenden.

Zuerst betrachtet man den Gegenstand, wenn er zart genug ist, um mit durchfallendem Licht gesehen zu werden, mit gerade durchfallender Beleuchtung und zwar bei verschiedenen allmälig gesteigerten Vergröfserungen; bleiben alsdann noch Einzelnheiten in der Zeichnung undeutlich, so benutzt man darauf schief durchfallendes Licht und läfst dasselbe in den verschiedensten Winkeln auf den Gegenstand einwirken. Bei Oberhäuser's grofsem Mikroskop erreicht man das letztere durch die Drehung des Objecttisches um seine Axe, wo diese Einrichtung fehlt, mufs man dagegen die Lage des Gegenstandes durch Verschiebung mit der Hand verändern. Körperliche Linien durch Erhöhungen oder Vertiefungen, durch ungleiche Dichtigkeit der Masse, oder durch ein ungleiches Brechungsvermögen der Substanz hervorgerufen, treten immer am schärfsten hervor, wenn das schiefe Licht im rechten Winkel gegen sie fällt; wo man demnach eine solche Linie vermuthet, oder nur undeutlich wahrnimmt, hat man hierauf besonders zu achten. Bei sehr schiefer Spiegelstellung kann man nur Blendungen mit weiter Oeffnung benutzen; bisweilen entfernt man hier zweckmäfsig den ganzen Blendungsapparat. Für die Betrachtung mit auffallendem Licht gilt so ziemlich dasselbe, auch dort sollte man niemals versäumen durch Drehung des Tisches, oder durch Drehung des Gegenstandes selbst, das concentrirte Licht in den verschiedensten Richtungen auf den Gegenstand einwirken zu lassen. Für die Betrachtung mit auffallendem Licht sind die ganz starken Objective nicht mehr brauchbar, da ihre kurze Focaldistanz das Licht vom Gegenstande abhält, hier mufs man sich oft mit schwächeren Objectiven und mit stärkeren Ocularen helfen; in der Regel bedarf man nur schwacher Vergröfserungen. Der Lieberkühn'sche Spiegel, ein kleiner kranzartiger Metallspiegel, welcher über die Objective geschraubt wird, wirkt bei stärkeren Vergröfserungen etwa wie auffallendes Licht. Man kann denselben nur bei einer Blendung mit weiter Oeffnung anwenden, weil neben dem Gegenstande noch hinreichend Licht direkt an die Spiegelfläche des Lieberkühn's gelangen mufs, um von ihr auf den Gegenstand zurückgeworfen zu werden. — Nur selten wird man Gelegenheit haben, diesen Apparat zu verwenden.

In den meisten Fällen wird man die Gegenstände unter Wasser betrachten; bisweilen, z. B. bei dem Pollen und bei den Sporen, ist

es nothwendig dieselben unter verschiedenen Medien und ebenso auch trocken zu beobachten. Bei auffallendem Licht wirkt oft das Wasser, zumal wenn es den Gegenstand nicht ganz bedeckt, sehr störend, es ist deshalb für einzelne körperliche Gegenstände, z. B. für das Embryon der Gräser, zweckmäfsig dieselben zuerst ohne Wasser und darauf unter Wasser zu betrachten. Durch Bedecken mit einer Deckplatte, und Hinzufügen von Wasser mit einem Haarpinsel gelingt es meistens den Gegenstand vollständig unter Wasser zu bringen. Für etwas dickere Präparate sind hier Objectgläser mit eingeschliffenen Vertiefungen mit Vortheil anzuwenden.

Bei schwachen Vergröfserungen ist ein Bedecken des Gegenstandes mit einem Deckglase nicht nothwendig; ja es ist oftmals, wenn man das Präparat umzukehren wünscht, oder dasselbe durch einen nochmaligen Schnitt oder ein weiteres Präpariren zu verbessern hofft, sehr vortheilhaft es nicht zu bedecken. Bei Anwendung ganz starker Objectivsysteme wird der Focalabstand leider gar zu kurz; in diesem Falle ist man, um ein Beschlagen der Linse oder gar ein Eintauchen derselben in die auf dem Objectträger befindliche Flüssigkeit zu vermeiden, genöthigt Deckgläser anzuwenden. Selbst beim Gebrauch der letzteren vermindert sich häufig während der Beobachtung die Flüssigkeit, in welcher der Gegenstand liegt, man führt alsdann einen neuen Tropfen derselben, vermittelst eines Glasstabes oder eines reinen Pinsels, an den Rand des Deckglases. Denselben Handgriff benutzt man zweckmäfsig bei Präparaten, die schon im Wasser liegen, und denen man chemische Reagentien zuführen will.

Wenn man irgend chemische Reagentien, es sei nun Jod, Aetzkali oder irgend eine Säure anwendet, so sollte man niemals ein Bedecken des Gegenstandes mit einer dünnen Platte versäumen; bei flüchtigen Säuren, namentlich bei Salpetersäure und Salzsäure kann man nicht behutsam genug zu Werke gehen; ich vermeide ihren Gebrauch soviel ich irgend kann. Noch ungleich nachtheiliger wirkt Schwefelwasserstoffgas auf das Flintglas, welches bei den Objectiven einiger Optiker die nach unten gewandte Planseite der letzteren bildet. Für diese Gasart und ebenso für Chlor und derartige Dämpfe ist das Mikroskop sorgfältig zu schützen, weshalb auch, wie ich schon oben erwähnte, das von Schulz vorgeschlagene Kochen der Gegenstände mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure nicht in dem Zimmer, wo das Mikroskop steht, vorzunehmen ist. In einem chemischen Labo-

ratorio sollte man aus demselben Grunde niemals ein Mikroskop bewahren.

Wer das Mikroskop täglich gebraucht, der wird es zweckmäfsig unter einer hohen Glasglocke, oder noch besser unter einem Glaskasten, der verschliefsbar ist, verwahren. Ehe man sein Mikroskop, nach beendigtem Tagewerk, zur Seite stellt, empfehle ich namentlich jedem Anfänger eine sorgfältige Prüfung seiner Objectivlinsen vermittelst der Lupe, da es sogar einem geübten Beobachter nicht selten vorkommt, dafs er sein Objectiv in die Flüssigkeit des Objectträgers taucht oder dasselbe sonstwie verunreinigt. Ward die Linse nur durch Wasser benetzt, so schadet dieses nichts; ein Eintrocknen des Wassers auf der Linse, namentlich wenn selbiges an Kalksalzen reich ist, möchte schon weniger gleichgültig sein, da nach dem Verdunsten des Wassers die Kalksalze fest auf dem Glase haften und so später beim Reinigen leicht zu kleinen Schrammen Veranlassung geben können. Man reinigt die Objective, wenn sie bestäubt oder durch atmosphärische Niederschläge etwas blind geworden sind, mit trockenem Fliedermark, indem man mit einem reinen Rasirmesser die Fläche, die einmal benutzt ist, abschneidet und die neue Fläche zur weiteren Reinigung anwendet; mit einem reinen Haarpinsel entfernt man zuletzt die Partikeln des Fliedermarks. Ist die Linse nafs geworden, so trocknet man sie zuerst vorsichtig mit einem r e i n e n, oftmals gewaschenen leinenen Tuche, am besten mit sogenanntem Kammer- oder Nesseltuch und benutzt darauf das Fliedermark. Ist die Linse gar mit einer Säure oder einer andern scharfen Flüssigkeit verunreinigt, so spült man sie vermittelst der Spritzflasche mehrmals mit destillirtem Wasser ab und trocknet und reinigt sie dann, wie soeben angegeben. Die Oculare und der Spiegel werden am besten mit weichem Kammertuch, auch wohl mit Fliedermark gereinigt. Alkohol und Aether sollte man niemals, oder doch nur mit grofser Vorsicht, zum Reinigen der Objective anwenden, da diese Flüssigkeiten leicht zwischen die Fassung der Linse dringen und an den Kitt, der Kron und Flintglas verbindet, gelangen können. Eine auf diese Weise verdorbene Linse kann nur durch einen geschickten Optiker, der sie auseinandernimmt und neu zusammenkittet, wieder brauchbar gemacht werden. Je v o r s i c h t i g e r man sein Mikroskop vor allen Nachtheilen zu schützen sucht, je sauberer man dasselbe hält, um so b e s s e r e Dienste wird es leisten und um so l ä n g e r wird es seine ursprüngliche Güte bewahren.

Die gröfste Reinlichkeit und Accuratesse ist überhaupt für mikroskopische Forschungen unerläfslich; man mufs es sich zum Gesetze machen, immer nur das reinste Wasser, in dem reinsten Gefäfse zum Benetzen der Objectplatte zu gebrauchen. Aber selbst bei dieser Vorsicht läfst sich eine Verunreinigung des zu betrachtenden Gegenstandes durch Staubtheile nicht gänzlich vermeiden. Einem geübten Beobachter werden derartige fremde Dinge nicht leicht gefährlich werden, einen Anfänger können sie jedoch sehr leicht auf falsche Wege führen. Gestandenes Wasser sollte man niemals benutzen, da dasselbe nur zu häufig niedere Thiere und Pflanzen enthält, ebenso sollte man, wenn man nacheinander verschiedenartige Gegenstände untersucht, für jeden neuen Gegenstand jedesmal auch neues Wasser nehmen, damit nicht Theile der früher untersuchten Gegenstände mit dem Wasser auf die Objectplatte kommen. Manche Irrthümer entstanden vielleicht einzig und allein aus einer solchen kleinen Nachlässigkeit.

Um fremde, nicht zum Untersuchungsgegenstand gehörige, Stoffe als solche zu erkennen, ist es sehr gut, sich mit den Dingen, die trotz aller Vorsicht nicht immer zu vermeiden sind, vorher bekannt zu machen: dahin gehören 1. die Luftblasen; selbige erscheinen bei durchfallendem Licht meistens als gröfsere oder kleinere, am Rande dunkel schwarz gefärbte Kreise, bei auffallendem Licht zeigt sich ihr Rand dagegen weifs gefärbt. Bei Anwendung der Deckplatten und ebenso bei Berührung mit den Gegenständen nehmen die gröfseren Luftblasen häufig eine sehr unregelmäfsige Gestalt an; das erwähnte optische Verhalten ist jedoch überall, so auch in und zwischen den Zellen, der beste Beweis für die Gegenwart von Luft. 2. Farblose oder bunt gefärbte Fasern, aus Papier oder leinenen, baumwollenen und seidenen Geweben, durch Tücher, mit denen man die Objectgläser reinigte, auf letzteren zurückgeblieben, desgleichen thierische Haare, durch den Pinsel veranlafst. 3. Unregelmäfsige, körnige, oftmals gefärbte Staubtheile, wahrscheinlich Zersetzungsproducte von Organismen. — Wenn man Pflanzen oder Theile derselben, die in oder auf der Erde oder im Wasser wachsen, beobachten will, so mufs man aufserdem eine grofse Sorgfalt auf die vielen dort vorkommenden Organismen verwenden, man mufs sich durch eigene Anschauung mit den niederen Thier- und Pflanzenformen bekannt zu machen suchen, man mufs z. B. die allgemeinen Formen der Infusorien, mit und ohne Kieselpanzer, desgleichen die Gährungspilze, die Schimmelbildungen,

die Oscillatorien, die Conferven u. s. w. kennen lernen, um selbige von dem eigentlichen Gegenstande der Untersuchung sondern zu können. Gegenstände, welche gleichfalls Täuschungen veranlassen können, sind die Epithelialzellen der Schleimhaut des Mundes, wenn man, was freilich niemals empfehlenswerth ist, den Pinsel mit dem man den Gegenstand auf die Objectplatte bringt, vorher durch den Mund gezogen hat. Wenn man kleine Gegenstände zwischen Daumen und Zeigefinger oder auf letzterem schneidet, so erhält man häufig zu gleicher Zeit dünne Schnitte durch die Haut des Fingers; man mufs sich mit genannten Dingen, desgleichen wenn man zwischen Kork schneidet, mit dem letzteren vorher bekannt machen.

Das Messer verursacht bisweilen Täuschungen anderer Art, indem es, zumal bei ungenügender Schärfe, Streifen auf der Schnittfläche veranlafst; bei harten Hölzern, z. B. beim Holz der Palmen und baumartigen Farren, desgleichen bei starkverdicktem Sameneiweifs (Phytelephas macrocarpa) ist diese Erscheinung häufig bemerkbar. Man darf eine solche Streifung nicht für etwas dem Gegenstande Angehöriges, etwa für eine Schichtung in der Verdickungsmasse halten. Wenn man genau beachtet wie und in welcher Richtung hier das Messer wirkte, wird man sich leicht orientiren.

Allgemein verbreitete oder zufällige Bewegungserscheinungen können aufserdem Irrthümer veranlassen; man mufs deshalb auch diese kennen. Die Molecularbewegung ist allen ganz kleinen, in einem dünnflüssigen Medium enthaltenen, Körpern eigen, sie besteht in einer gewissermafsen zitternden Bewegung der letzteren; man sieht sie häufig beim Inhalt der Pollenkörner, man beobachtet sie noch besser bei einigen Flüssigkeiten, z. B. der Milch, von der man ein Minimum, in Wasser vertheilt, bei 200—400maliger Vergröfserung unters Mikroskop schiebt. Ist man einmal mit diesem Phänomen bekannt, so wird man durch selbiges nicht mehr getäuscht werden. Dasselbe gilt von den zufälligen Strömungen der Flüssigkeit auf der Objectplatte, die sowohl durch ein Verdunsten, als durch eine Mischung zweier Flüssigkeiten von ungleichem specifischen Gewicht, oder durch eine Auflösung vorhandener Salze u. s. w. hervorgerufen werden. Wenn man neben dickeren Gegenständen auch kleinere und zwar zunächst runde Körper, z. B. neben den Klappen einer Lebermooskapsel auch Sporen und Schleuderer, auf einer Objectplatte und unter einem und demselben Deckglas betrachtet, so schwimmen die letzteren häufig zu Anfang im Wasser um-

her; man darf sich hierdurch nicht täuschen lassen, diese Bewegung verschwindet, sobald die Flüssigkeit in Ruhe kommt. Das Schwingen der Oscillatorienfäden ist dagegen eine wirkliche, wenngleich noch nicht erklärte, der Pflanze eigenthümliche Bewegungserscheinung, dasselbe gilt von den raschen und scheinbar willkürlichen Bewegungen der Spiralfäden reifer Antheridien, sowie der bewimperten Algensporen. Ganz besonders interessant ist auch das Strömen des Zellsafts in der Pflanzenzelle selbst. Ueber alle diese Erscheinungen findet man im fünften Abschnitt das Nähere.

Zu Täuschungen, die durch das Auge selbst entstehen, gehören die sogenannten Mouches volantes; sie sind zweierlei Art: 1. schleimige Absonderungen der Meibomschen Drüsen; es laufen schleimige Fäden über das Sehfeld; diese Erscheinung ist bei Leuten, die selten mit dem Mikroskop arbeiten, häufiger; 2. die Schattenbilder von Gefäfsverzweigungen in einer gewissen Region des Auges. Da die Verzweigungen der Blutgefäfse sich in ihrer Lage nicht ändern, so bleibt auch die Gestalt der Erscheinung unverändert; man bemerkt dieselben nicht allein wenn man ins Mikroskop blickt, sondern auch und zwar noch deutlicher, wenn man auf eine weifse Schneefläche oder auf eine hell erleuchtete Wolke sieht. Diese Art der Mouches volantes sind mehr oder weniger jedem Auge, wenn man genau darauf achtet, eigen; wenn sie dagegen sehr unangenehm hervortreten, so dafs man dieselben überall erblickt, so bekundet dies Verhältnifs eine gereizte Beschaffenheit des Auges. Ich erinnere endlich noch an eine andere, durch gar zu grelles Licht hervorgerufene Erscheinung; sie zeigt sich bei Anwendung von direktem Sonnenlicht oder ungedämpftem Lampen- oder Kerzenlicht; es sind Flecken von verschiedener Gröfse unregelmäfsig über das Sehfeld verbreitet, die man bei Tageslicht dort nicht bemerkt; dreht man das Ocular, so drehen sie sich mit, reinigt man das letztere sorgfältig, so vermindern sie sich; es sind somit nur Unreinigkeiten auf oder in den Gläsern, die bei sehr hellem Licht als runde Flecken hervortreten.

Da man verhältnifsmäfsig selten mit auffallendem Licht beobachtet, das durchfallende Licht aber nur für ganz zarte Gegenstände anwendbar ist, so besteht die Hauptaufgabe des Beobachters darin, den nicht durchsichtigen Gegenstand planmäfsig so herzurichten, dafs man die Einzelheiten desselben bei durchfallendem Licht deutlich wahrnehmen kann. Nach dem Gegenstand und nach der Frage, die man

durchs Mikroskop zu beantworten wünscht, wird hier das Zerkleinerungsverfahren einzurichten und zweckmäfsig zu verändern sein. Feste gleichartige Gewebe, z. B. Hölzer, wird man ganz anders als weiche, aus verschiedenen Organen zusammengesetzte Theile, z. B. Knospen und Blüthen, zu behandeln haben; bei ersteren genügt es, möglichst dünne Schnitte nach bestimmten Richtungen zu führen; bei letzteren kommt es nicht allein auf die Richtung, sondern eben so sehr auf den Punkt, durch den der Schnitt geführt wird, an; man mufs hier einen gelungenen Längsschnitt genau durch die Mitte des ganzen Pflanzentheils und eben so gelungene Querschnitte in verschiedenen Höhen, um die Stellung der Organe zu einander zu erfahren, darstellen; aufserdem mufs man die einzelnen Theile selbst lostrennen und wiederum für sich untersuchen. Hier kann man oftmals, namentlich für die Entwickelungsgeschichte, das Präparirmikroskop nicht entbehren.

Selbst die Art des Messers mufs, wenn man mit Erfolg arbeiten will, dem Gegenstand entsprechen; für Hölzer und harte Gegenstände verwendet man, wie ich schon oben bemerkte, am besten sehr gute englische, nicht hohl geschliffene Rasirmesser mit breitem Rücken. Ehe man schneidet, benetzt man die Schnittfläche des Gegenstandes jederzeit mit etwas Wasser; man macht zuvor zweckmäfsig die Oberfläche mit einem minder guten Messer glatt und schneidet darauf, indem man das Messer ganz flach auflegt und ganz langsam, aber ohne abzusetzen, mit sicherer Hand nach sich hinzieht. Nach jedem zweiten oder höchstens jedem dritten Schnitt mufs das Messer wieder über den Streichriemen gezogen werden. Die erhaltenen dünnen Schnitte bringt man darauf mit einem feinen Haarpinsel, den man vorher in reines Wasser taucht, in einen Wassertropfen, den man auf der Objectplatte für selbige bereit hielt. — Bei weichen oder saftigen Gegenständen sind hohl geschliffene Rasirmesser ungleich vortheilhafter. Bei saftigen Gegenständen ist ein Befeuchten der Schnittoberfläche überflüssig, im übrigen verfährt man ganz, wie soeben angegeben ward. Man darf den Pinsel, mit dem man die Gegenstände auf die Objectplatte überträgt, niemals durch den Mund ziehen, indem man sonst, durch Epithelialzellen der Schleimhaut des Mundes den Gegenstand verunreinigt. Nur selten werden gröfsere Schnitte über ihre ganze Ausdehnung gleich vollkommen ausfallen. Die Randpartien solcher Schnitte sind meistens am gelungensten, man hat überhaupt weniger für die Gröfse des Schnittes, als für die zarte

Beschaffenheit desselben und für die vollkommene Erhaltung seiner Zellen zu sorgen.

Die ungleiche Beschaffenheit der Gewebe eines Gegenstandes verursacht oftmals für den Schnitt weit gröfsere Schwierigkeiten wie die Kleinheit anderer Körper. Wenn man z. B. einen zusammenhängenden zarten Quer- und Längsschnitt durch Rinde, Cambium, Holz und Mark eines dicotyledonen Stammes oder Zweiges verlangt, so wird ein solcher Schnitt nicht überall im Augenblick darzustellen sein, weil an den Grenzen der verschiedenen Gewebe meistens durch das Messer eine Trennung derselben von einander erfolgt; man wird hier aus vielen Schnitten den vollkommensten erwählen müssen. Das allerschärfste Messer und eine sichere und langsame Führung desselben ist hier durchaus nothwendig. Im Allgemeinen wird es rathsamer sein, von der harten in die weiche Partie überzugehen; bisweilen gelingt auch der Schnitt, wenn man das Messer gleichzeitig auf die verschiedenen Theile und zwar in etwas schiefer Richtung zum Verlauf der Holzzellen, oder beim Querschnitt zum Verlauf der Markstrahlzellen, einsetzt. Hier wie in so vielen anderen Fällen läfst sich keine bestimmte Regel angeben, der Untersucher mufs hier selbst prüfen und nach der Beschaffenheit des Gegenstandes sich selbst ein Verfahren bilden. Die Schnittfläche ist auch hier jederzeit feucht zu erhalten.

Saftige oder schwammige Gewebe sind in der Regel grofszellig, sie bedürfen deshalb keines dünnen Schnittes, der bei ihnen immer seine Schwierigkeiten hat. Weiche thierische Gewebe legt man, wenn es nicht darauf ankommt sie ganz frisch zu beobachten, zweckmäfsig einige Tage in Spiritus oder Holzessig, desgleichen in eine Auflösung von chromsaurem Kali. Ein Tränken des Gegenstandes mit dickem Gummischleim und ein langsames Eintrocknen des letzteren an der Luft ist aufserdem in manchen Fällen für weiche Thier- und Pflanzentheile zu empfehlen. Das für weiche thierische Gewebe, wie einige behaupten, unentbehrliche Doppelmesser erscheint mir für die Pflanzenanatomie durchaus überflüssig. Bei Anwendung des Doppelmessers für thierische Gegenstände hat man namentlich darauf zu achten, dafs, ehe man scheidet, der Raum zwischen beiden Messerklingen mit Wasser gefüllt wird, was man am besten durch Schliefsen des Messers unter Wasser erreicht.

Die relative Gröfse der Gegenstände bedingt aufserdem noch

Aenderungen des Verfahrens der Zerkleinerung. Während man gröfsere Gegenstände mit der linken Hand oder mit dem Daumen und Zeigefinger derselben fafst, klemmt man sehr kleine oder sehr dünne Gegenstände, z. B. Moosstengel, dünne Zweige und Wurzeln, Blätter, kleine Saamen u. s. w., in der auf Pag. 24 beschriebenen Weise, zwischen Kork. Kleine ganz zarte Theile, die den Druck zwischen Kork nicht vertragen, legt man endlich mit genauer Berücksichtigung ihrer Lage, ohne sie zu drücken, zwischen Daumen und Zeigefinger. Dies Verfahren wird besonders da anwendbar, wo man einen kleinen Gegenstand in zwei gleiche Hälften theilen will; wünscht man dagegen die Mittellamelle eines kleinen Gegenstandes, z. B. einer Samenknospe zu erhalten, so bringt man selbige oftmals zweckmäfsiger auf den Zeigefinger, und benutzt den Daumen nur um ein Verschieben derselben zu verhüten. Oft ist es vortheilhaft, den Finger ein wenig zu befeuchten, indem sich der Gegenstand alsdann weniger leicht verschiebt. Man führt den Schnitt auch hier ganz langsam und mit sicherer Hand, indem man, was überhaupt beim Schneiden vortheilhaft ist, den linken Arm fest gegen den Tisch stemmt. Die so erhaltenen Durchschnitte kleiner Gegenstände betrachtet man zuerst ohne Deckglas mit einer entsprechenden Vergröfserung. Oft ist es gut, das Präparat umzukehren, namentlich dann, wenn man durch einen nochmaligen Schnitt dasselbe zu verbessern wünscht; man bemerkt sich dann genau die Seite, an welcher der neue Schnitt auszuführen ist, und die Stelle, wo man etwas wegzunehmen hat. Ganz kleine Gegenstände legt man nun wiederum, wie vorhin beschrieben, auf den Zeigefinger der linken Hand und versucht einen neuen Schnitt, der, wenn auch nicht immer, so doch häufig gelingt. Ehe man schneidet, empfehle ich hier die Anwendung der Lupe, um durch sie von der richtigen Lage des Gegenstandes für den auszuführenden Schnitt überzeugt zu sein. Ist der Schnitt jetzt dünn genug, sind aber noch Theile vorhanden, deren Entfernung zur Lösung der Hauptfrage wünschenswerth ist, so bringt man denselben nunmehr unter das Präparirmikroskop und versucht die störenden Theile mit der Nadel oder mit einem feinen Messer zu entfernen.

Für ganz kleine Samen, Pollenkörner und für die Sporen der Kryptogamen empfehle ich ein Verfahren, welches sehr häufig schöne Durchschnitte gewährt. — Man bestreicht einen glatten Bouteillenkork mit dickem Gummischleim, streut die Samen u. s. w. darauf, drückt

sie mit dem Finger sanft hinein und läfst die Gummilösung an der Luft langsam trocknen; dann bestreicht man die mit den kleinen Körpern bestreute Fläche nochmals mit Gummischleim, damit derselbe die Körperchen ganz bedeckt und läfst ihn wieder langsam trocknen. Ist die Gummifläche trocken geworden, was nach 1 oder 2 Tagen erfolgt, so führt man mit einem sehr scharfen, hohl geschliffenen Rasirmesser nach einander langsam sehr zarte Schnitte längs der Gummifläche und bringt dieselben mit einem trocknen Pinsel in einen Tropfen Wasser. Das Gummi löst sich augenblicklich; unter vielen unbrauchbaren, d. h. nicht in der rechten Richtung durchschnittenen Samen u. s. w. wird man jederzeit einige finden, welche allen billigen Ansprüchen genügen. So untersuchte ich die kleinen Samen der Orobanche, der Monotropa und viele Pollenkörner.

Bei stark behaarten Pflanzentheilen, ebenso in den Luftgängen, desgleichen in den Gefäfsen und im Holz wird oft die Gegenwart der Luft, die sich in den genannten Räumen angesammelt hat, für die Beobachtung sehr unangenehm. Man entfernt dieselbe am besten, indem man das Präparat für einige Minuten in ein Uhrgläschen mit Alkohol legt; aus dem letzteren mufs es dann wieder in Wasser gebracht und darauf erst auf die Objectplatte übertragen werden. In Fällen, wo auch der Inhalt der Zellen, auf den der Alkohol in der Regel verändernd einwirkt, zu berücksichtigen ist, bedient man sich zur Entfernung der Luft mit Vortheil des Quetschers, indem man denselben ganz allmälig, während man ins Mikroskop sieht, wirken läfst. In Ermangelung des Quetschers wendet man einen leisen Druck des Fingers auf die Deckplatte an. Als Beispiel gedenke ich der Samenknospen der Orchideen, die erst nach der Entfernung der Luft zwischen den Integumenten und dem Knospenkern zur Beobachtung tauglich werden.

Für die Uebertragung der Präparate aus einer Flüssigkeit in die andere, ist ein ganz feiner Haarpinsel auf einem Pinselstock sehr zweckmäfsig; die Nadel oder andere scharfe Instrumente sollte man für diesen Zweck niemals anwenden, da selbige gar zu leicht das Präparat verletzen können. Wenn das Letztgenannte sehr klein ist, so stellt man, um es leichter herauszufinden, das Uhrschälchen zweckmäfsig auf eine dunkele Unterlage.

Das Mikroskop giebt nur eine Flächenansicht, es genügt deshalb, wenn man Körper betrachtet, die Ansicht einer Seite niemals

zum richtigen Verständnifs; man mufs, aufser einem Querschnitt, auch noch einen Längsschnitt, und zwar noch häufiger mehrere Längsschnitte in verschiedenen, bestimmten Richtungen genau betrachtet und mit einander verglichen haben, ehe man nur daran denken kann, sich den Körper, den man beobachtet, zu construiren. Was man bei gröfseren Gegenständen durch das Messer zu erreichen sucht, gewinnt man bei ganz kleinen undurchsichtigen Gegenständen durch Betrachten derselben von verschiedenen Seiten. Bei kleinen, sehr durchsichtigen Körpern, z. B. den Samenknospen der Orchideen, den Pollen- und den Stärkmehlkörnern, benutzt man für diesen Zweck eine mehrmals veränderte genaue Einstellung des Mikroskops selbst, indem man dadurch nacheinander zuerst die obere Seite, dann die Mitte als optischen Quer- oder Längsschnitt, und zuletzt die untere Seite zur Anschauung bringt. Je vollkommener die Objective des Mikroskopes sind, um so genauer wird die optische Ebene und um so empfindlicher wird das Mikroskop für jede kleine Focalveränderung sein, weshalb man bei genauen Untersuchungen die zur feinen Einstellung dienende Schraube nicht wohl aus der Hand lassen darf. Mit der Stärke der Vergröfserung vermehrt sich bei guten Instrumenten auch diese Empfindlichkeit, daher erblickt man auf den Flügelschuppen des Weibchens der Hipparchia Janira niemals die auf Taf. II. Fig. 9 u. 10. abgebildeten Querstreifen gleichzeitig über die ganze Flügelschuppe, man sieht sie immer nur an denjenigen Stellen, die mit einander auf gleicher optischer Ebene liegen; eine geringe Aenderung in der Einstellung macht darauf die Querstreifen für andere Theile der Schuppe sichtbar, wobei die zuerst gesehenen verschwinden; dasselbe gilt für die Betrachtung eines jeden Präparates. Durch eine zweckmäfsige Einstellung kann man deshalb oftmals ein unvollkommenes Präparat, z. B. einen nicht hinreichend dünnen Schnitt, verwenden, indem bei einem recht lichtstarken und möglichst vollkommenen Mikroskope alles über und unter der optischen Ebene gelegene für das Auge zur Zeit so gut wie nicht vorhanden ist.

Die genannte Eigenschaft des Mikroskopes, nur optische Flächen zu zeigen, erschwert aber in vielen Fällen und namentlich bei starken Vergröfserungen die richtige Deutung des Gesehenen. Dies ist namentlich dann der Fall, wenn ein Gegenstand plötzlich neben einander Erhebungen und Vertiefungen zeigt oder gar sich wellenförmig krümmt. Hier sieht man die Erhebung meistens scharf begrenzt, als wäre sie

von der Vertiefung getrennt. Bei ganz frei liegenden Theilen kann man alsdann durch eine sorgfältig und zwar sehr langsam veränderte Einstellung ins Klare kommen, wenn dagegen der betreffende Theil nicht frei liegt, so wird eine richtige Deutung des Bildes oftmals unmöglich. Deshalb ist es ganz unmöglich, über die Einwirkung des Pollenschlauchs bei der Befruchtung zu entscheiden, es sei denn, dafs man die Spitze des Embryosackes und den in selbige eingedrungenen Pollenschlauch vollständig freigelegt habe.

Die genaue Einstellung eines Gegenstandes beurtheilt man nach der Schärfe in der Zeichnung des Bildes; je zarter, aber je schärfer begrenzt die Linien, je kleiner, aber um so deutlicher gezeichnet, d. h. von einer leisen jedoch bestimmten Contour umgeben, kleine Gegenstände erscheinen, um so richtiger sind sie eingestellt. Die Hipparchiaschuppen und noch mehr die Navicula Hippocampos angulata sind sehr geeignet, um die Bedeutung einer richtigen Einstellung kennen zu lernen, die kleinste Focalveränderung läfst ihre Querstreifen verschwinden. Ich empfehle deshalb das genaue Studium dieser Prüfungsobjecte, sowohl für die Beleuchtung als für die richtige Einstellung; wer hier genau Bescheid weifs, wird auch in anderen Fällen richtig beleuchten und richtig einstellen können.

Auch einige optische Erscheinungen, wie ich glaube zum Theil Beugungsphänomene, sind bei der Einstellung zu beachten. Dahin gehört z. B. eine schwache, gelbliche oder röthliche Färbung der Ränder eines Gegenstandes bei einer gewissen Einstellung. Diese Farbenränder, welche bei Anwendung starker Oculare noch mehr hervortreten, zeigen, dafs die Objective nicht absolut achromatisch sind. Die Gläser von Oberhäuser, Bénèche und Plöfsl sind entweder ganz oder beinahe farbenfrei. Die Objective von Kellner haben dagegen, soweit ich dieselben kenne, obschon sie ein sehr scharfes Bild gewähren, mehr Farbe. Bei den Doppelgläsern des einfachen Mikroskopes treten diese Farbenerscheinungen noch stärker hervor. Auf einer zarten Fläche wird man sie kaum wahrnehmen, wenn man dagegen gewölbte oder vertiefte Gegenstände betrachtet, so treten dieselben bei einer bestimmten Einstellung deutlicher hervor. Grofse Stärkmehlkörner, z. B. der Kartoffelstärke, zeigen diese Farbenränder, welche immer als Fehler des Objectivs zu betrachten sind, besonders deutlich; man wird je nach der Einstellung den Rand der Körner mit einem breiten dunkel schwarzen Saum, oder mit einem schmäleren farbigen Saum,

oder endlich ohne einen solchen, von einer leisen, aber scharfen Contour umgeben, erblicken. In letzterem Falle liegt die Mitte des Kornes genau in der optischen Ebene, man erkennt bei der letzteren Einstellung den Kern und die concentrischen Ringe des Stärkemehls am besten; der dunkele Saum der anderen Einstellung wird durch den nicht im Focus liegenden Rand hervorgerufen; der farbige Saum ist endlich die erwähnte optische Erscheinung. Man nimmt dieselbe bei starken Vergröfserungen auch an feinen Schnitten wahr und mufs sich deshalb für eine Täuschung durch dieselbe hüten. Bei den Gläsern einiger Optiker erscheint dieser Farbensaum gelb, bei anderen dagegen mehr röthlich. Auf dünnen Holzschnitten sieht man z. B. den Rand der Verdickungsmasse der Holzzellen bei einer gewissen Einstellung oftmals von einem schmalen hellgelb gefärbten Saum umgeben; nach aufsen ist die Verdickungsmasse von einer scharfen Schattencontour begrenzt, der schmale gelbliche Saum ist dagegen nach der anderen Seite niemals scharf begrenzt, er verliert sich ganz allmälig; er unterscheidet sich durch letzteres Verhalten von einer besonderen Schicht oder inneren Membran der Holzzelle, die, wenn sie vorhanden ist, auch jederzeit eine deutliche Contour besitzt. Ein Objectiv, das diesen farbigen Saum gar nicht oder nur in sehr geringem Grade zeigt, ist immer vorzüglicher als ein anderes, bei welchem derselbe stärker hervortritt.

Bei kleinen runden Körpern, z. B. bei den Pollenkörnern, ist eine Aenderung der Lage durch ein leichtes Verschieben der Deckplatte, wodurch ein Hin- und Herrollen derselben erzielt wird, zu empfehlen; man erblickt auf diese Weise den Gegenstand von verschiedenen Seiten und kann sich nunmehr aus den verschiedenen Bildern die wahre Gestalt desselben construiren.

Ein Zerdrücken kleiner Gegenstände zwischen zwei Glasplatten sollte man, als ein zu rohes Verfahren, eigentlich niemals anwenden; wo man aber dennoch durch Druck etwas zu erreichen glaubt, da empfehle ich das Compressorium. Bei vorsichtiger Anwendung desselben kann man sich wenigstens durch sorgfältiges Beobachten, während man den Quetscher wirken läfst, über die Veränderungen durch den Druck desselben Auskunft geben. In anderen Fällen, wo es z. B. fraglich ist, ob man eine sehr zarte Zelle, oder einen Tropfen irgend einer Flüssigkeit vor sich hat, kann ebenfalls das Compressorium nützen, indem, wenn eine Zellhaut vorhanden ist, dieselbe bei ver-

mehrtem Drucke platzen und ihren Inhalt plötzlich entlassen wird, während der Tropfen, er sei nun Oel, flüssiges Harz oder sonst ein von dem Medium auf dem Objectträger chemisch verschiedener Stoff, nur einfach seine Gestalt verändern kann. — Will man sehr zarte Gegenstände mit Hülfe der Deckplatte hin und her rollen, ohne dieselben zu zerdrücken, so bedient man sich zweckmäfsig eines oder mehrerer Fäden von Glas oder Siegellack, deren Dicke dem Gegenstand entspricht, die Deckplatte rollt über diesen Fäden wie über einer Walze dahin. Auch in anderen Fällen, wo man ein Zerdrücken des Gegenstandes durch das Deckglas vermeiden will, ist es rathsam, solche Fäden anzuwenden; ein Holzsplitterchen versieht zwar denselben Dienst, es saugt aber gleichzeitig von der Flüssigkeit in sich auf, was bei dem Glase oder dem Siegellack nicht der Fall ist.

Bei thierischen wie bei pflanzlichen Gegenständen hat man nicht allein auf die Zellen, ihre Beschaffenheit, ihre Form und ihre Anordnung, sondern auch auf ihren Inhalt, der bei den Pflanzenzellen nach den Functionen, die ihnen von der Natur angewiesen sind, verschieden ausfällt, zu achten. Man hat demnach zu unterscheiden 1. ob eine Zelle leer ist, d. h. ob sie Luft enthält, wie z. B. die ausgebildeten Gefäfse und die Holzzellen, 2. ob sie einen flüssigen und in demselben wiederum einen festen Inhalt besitzt. Die Beschaffenheit des flüssigen Inhalts, ob er aus einer gleichmäfsigen Flüssigkeit besteht, oder ob sich Flüssigkeiten von verschiedener Consistenz, die sich, wie es scheint, nicht mit einander mischen, in derselben Zelle vorfinden und das Verhalten dieser Flüssigkeiten zu Reagentien, sind wieder neue Fragen. Endlich sind 3. die festen Bestandtheile des Zelleninhalts und ihre physikalischen und chemischen Beschaffenheiten zu beachten.

Für manche im Zellsaft gelöste Substanzen, z. B. für den Zucker haben wir keine bestimmte chemische Reagentien, und doch möchte vielleicht die rothe Färbung des Inhalts reifer Pollenkörner, die man oftmals auf Zusatz concentrirter Schwefelsäure bemerkt, eine Reaction auf Zucker sein, da, wie schon oben angegeben wurde, durch Zucker und Schwefelsäure, bei Gegenwart einer stickstoffhaltigen Substanz, eine rothe Färbung hervorgerufen wird*). Gummi und Dextrin gerinnen durch Alkohol; stickstoffhaltige Substanzen prüft man, wie eben bemerkt,

---

*) Man vergleiche p. 27.

mit Zucker und Schwefelsäure, wo eine rosenrothe Färbung eintritt, oder mit Jod- sowie mit Chlorzink-Jodlösung, auch mit Salpetersäure und nachherigem Zusatz von Ammoniak; es erfolgt in allen 3 Fällen eine intensiv gelbe bis braune Färbung. Wenn man in vorhandenen Tropfen Oel oder Harz vermuthet, so legt man das Präparat für einige Stunden in Aether oder in absoluten Alkohol, der beides auflösen wird. Für im Zellsaft aufgelöste Salze möchten hie und da einige, auf diese Salze wirkende bestimmte Reagentien anzuwenden sein.

Zu den festen Bestandtheilen der Zelle gehören, aufser den Krystallen, vornehmlich das Stärkemehl (Fig. 2.), das Inulin und die Chlorophyllkörner. Ueber diese Gegenstände bitte ich in Schleidens Grundzügen*), desgleichen in meiner Pflanzenzelle**) nachzulesen. Bei den Krystallen wird man häufig schon aus ihrer Gestalt auf deren chemische Zusammensetzung schliefsen können. Die so häufig in den Pflanzen verbreiteten Octaëder, sowie die langen vierseitigen Spiefse, mit zugespitzten Enden, die sogenannten Raphiden, sind nach Einigen oxalsaurer Kalk. Auch der Polarisationsapparat zeigt wenigstens, ob die Krystalle zum regulären System gehören oder nicht. Wo die Krystallform nicht ausreicht, hilft oft die Anwendung chemischer Reagentien; so erkennt man den kohlensauren Kalk, aufser an dem Verschwinden seiner Krystalle, bei Zusatz von Salzsäure an dem gasförmigen Entweichen der Kohlensäure. In diesem Falle ist es nothwendig die augenblickliche Einwirkung der Säure auf den Krystall zu beobachten; dies geschieht am besten, wenn der Gegenstand unter einem Deckglase in einer geringen Menge Flüssigkeit liegt, man bringt alsdann, vermittelst eines dünnen Glasstabes einen Tropfen der Säure vorsichtig an den Rand des Deckglases, derselbe erreicht so ganz allmälig den Gegenstand der Untersuchung und man

Fig. 2.

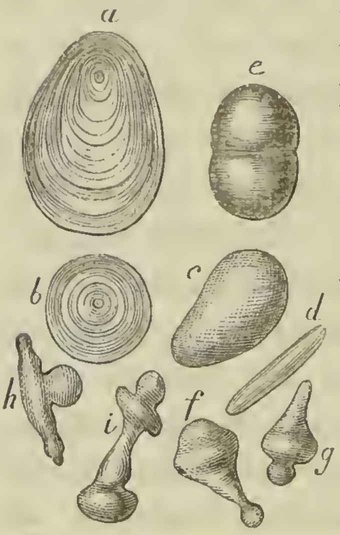


Fig. 2. Stärkemehlkörner bei 200—300maliger Vergröfserung; *a* aus der Kartoffel, *b* westindischer Arroow-root, *c* u. *d* aus Curcuma Zedoaria, *c* von der Seite gesehen als platte Scheibe, *e* aus der Sarsaparillwurzel, *f* u. *g* aus der Knolle von Himantoglossum, *h* u. *i* aus der Bastzelle von Euphorbia antiquorum.

*) Schleidens Grundzüge, Aufl. III. Band I. p. 168.

**) Schacht, die Pflanzenzelle p. 39.

hat Zeit die erste Einwirkung der Säure auf die Krystalle zu beobachten. Bei der Anwendung von Jod und Schwefelsäure empfehle ich, wenn es darauf ankommt, die erste Einwirkung der Säure auf den mit Jod getränkten Pflanzenschnitt zu sehen, ebenfalls dies Verfahren.

Das Stärkemehl charakterisirt sich durch seine blaue Färbung auf Jodzusatz; das Inulin wird durch Jod schwach gelb gefärbt und oft erst nach dessen Anwendung sichtbar; das Chlorophyll ist jederzeit grün gefärbt, seine Körner verlieren dagegen diese Farbe durch Behandlung mit Alkohol, der grüne Farbstoff, welcher dieselben überzieht, scheint somit chemisch anders zusammengesetzt als die Körner selbst zu sein, die nach Schleiden aus einem wachsartigen Stoff, aber ungleich häufiger aus Stärkemehl bestehen. Noch mancherlei andere feste oder halbfeste Körper die zum Theil mit bestimmter Gestalt, zum Theil formlos in der Pflanzenzelle auftreten und sich meistens durch Jod gelb oder bräunlich färben, bisweilen aber auch keine Farbenveränderung zeigen (z. B. die Körner in den Blättern einiger Lebermoose, Jungermannia anomala, Alicularia scalaris) können wir zur Zeit durchs Mikroskop noch nicht bestimmen. Zu den sich durch Jod braun färbenden Stoffen gehört auch der Inhalt der Zellen des Sameneiweifses vieler Pflanzen, z. B. der Rhinanthaceen (wahrscheinlich sogenanntes Legumin). Für die mikroskopische Untersuchung mit Anwendung chemischer Reagentien ist noch ein grofses Feld geöffnet. Sehr häufig findet man fettes Oel emulsionsartig gebunden in den Pflanzenzellen; Zusatz von Schwefelsäure macht alsdann das Oel frei, es erscheint in Tropfengestalt auf der Objectplatte.

Für die Erforschung des Stärkemehls möchte die Chlorzink-Jodlösung noch einige Vortheile gewähren. Prof. Schulz in Rostock hatte die Güte, mir hierüber seine Wahrnehmungen mitzutheilen. Ich habe seine Versuche mit ächt westindischem Arrow-root wiederholt; die Körner färbten sich anfangs hellbraun-violett, die Schichtung war nicht besonders deutlich, durch ein gelindes Erwärmen der Objectplatte über der Spirituslampe trat aldann eine blaue Färbung ein, die Schichten lösten sich, indem sie ganz allmälig von Aufsen nach Innen aufquollen; der innere Theil der Stärkemehlkörner erschien bisweilen noch unverändert, während die äufseren Schichten sich bereits abgelöst hatten. Nach $\frac{1}{4}$ Stunde war die Färbung violett, sämmtliche Schichten hatten sich mehr oder weniger aufgelockert, die äufseren

waren zum Theil nicht mehr kenntlich, sondern in einen blau oder violett gefärbten körnigen Stoff übergegangen.

Die Anwendung chemischer Reagentien ist aber nicht allein für den Zellinhalt, sondern auch für die Kenntnifs der Zellwandung von grofser Wichtigkeit; durch Jod und Schwefelsäure oder durch Chlorzink-Jodlösung erkennt man z. B. an der blauen Färbung die Gegenwart des Pflanzenzellstoffes in der Zellwand. Nach der Maceration durch chlorsaures Kali und Salpetersäure werden sämmtliche Holz- und Gefäfszellen durch ihre ganze Masse von Chlorzink-Jodlösung blau gefärbt, was vorher in der Regel nicht der Fall ist. Die oxydirende Flüssigkeit löst hier aufser dem Interzellularstoff, welcher die Zellen mit einander verbindet, auch den Holzstoff, der gleich dem Korkstoff die blaue Färbung des Zellstoffs durch Jod und Schwefelsäure entweder ganz behindert oder als grüne Färbung erscheinen läfst. Während sich der Holzstoff löst, wird der eigentliche Korkstoff in eine wachsartige Masse verwandelt; um ihn zu entfernen, kocht man die Pflanzentheile in einer Porzellanschale mit Aetzkalilösung und süfst dieselben in Wasser, am besten durch mehrmaliges Auskochen aus; jetzt färben nicht allein Jod und Schwefelsäure, sondern sogar Jodlösung für sich in der Regel den zurückbleibenden Zellstoff blau oder violett. Der Holzstoff findet sich in der Wand aller verholzter Zellen, der Korkstoff erscheint dagegen in allen Korkbildungen, ferner in den sogenannten Cuticularschichten der Oberhautzellen, z. B. in der Oberhaut von Viscum. Die Cuticula wird von kochendem Aetzkali gleich dem Interzellularstoff gelöst; der Zellstoff quillt hierbei nur etwas auf, er wird nicht aufgelöst, dagegen löst das Macerationsverfahren nach Schulz bei längerer Anwendung auch die aus Zellstoff bestehende Zellwand vollständig, was sehr zu beachten ist, um nicht in Irrthümer über den Bau der Zellwand zu verfallen. In macerirten Zellen findet man z. B. häufig Löcher, obschon vor der Maceration ein zartes Häutchen das scheinbare Loch überkleidete; man findet ferner freie Fasern, wo vormals eine zusammenhängende Membran, welche nur faserartig angeordnet dichtere Partien besafs, vorhanden war, z. B. bei vielen Bastzellen. Für derartige Fragen darf man sich deshalb auf das Macerationsverfahren niemals allein verlassen. Die wirkliche Interzellularsubstanz und die Cuticula werden weder vor noch nach der Maceration von Chlorzink-Jodlösung blau gefärbt.

Die Gröfsenbestimmung kleiner Gegenstände durchs Mikroskop ist

ebenfalls nicht selten von Wichtigkeit, man benutzt für sie das Schraubenmikrometer und das Glasmikrometer. H. v. Mohl*) behandelt in seiner Mikrographie diesen Gegenstand sehr gründlich, ich verweise deshalb auf ihn und will nur kurz der beiden Messungsmethoden gedenken, die ich anzuwenden pflege und die auch v. Mohl für genügend erklärt. Für beide benutzt man das Glasmikrometer, und kommt es deshalb zunächst auf die genaue Theilung eines solchen an. Die Messung durch das im Ocular auf dem Diaphragma liegende Glasmikrometer, wie es Oberhäuser beigiebt, ist sehr bequem, man zählt nur die Theilungen des Mafsstabes, von der einen Grenze des Gegenstandes bis zur andern. Der Werth dieser Theilungen ist aber natürlich nach der angewandten Objectivvergröfserung ein anderer; diesen Werth mufs man genau kennen, Oberhäuser giebt ihn gewöhnlich für jedes Objectivsystem an, und man bedarf alsdann nur einer kleinen Rechnung, um aus der direkt gefundenen Zahl die wahre Gröfse des Gegenstandes zu erfahren. Will man den Werth der Theilungen des Ocularmikrometers bei verschiedenen Objectivvergröfserungen selbst bestimmen, so benutzt man ein anderes Glasmikrometer, das unters Objectiv gelegt wird, und sieht jetzt bei genauer Einstellung, indem man das Ocular so dreht, dafs die Theilstriche seines Mafsstabes genau über die Theilstriche des unterm Objectiv liegenden Mafsstabes fallen, in welchem Verhältnisse die Theilungen des einen zu denen des anderen stehen. Ich benutze zum Unterlegen ein vortreffliches, in Messing gefafstes Glasmikrometer ($\frac{1}{4}$ Millimetre in 100 Theile getheilt). 9 Theilungen meines Mikrometeroculars decken bei System 4 diesen $\frac{1}{4}$ Millimetre; 20 Theilungen desselben Oculars entsprechen dagegen bei System 7 nur 30 Theilungen des als Object benutzten Mikrometers. 9 Theilungen des Ocularmikrometers sind also für System 4 $= \frac{1}{4}$ Millimetre, 20 Theilungen desselben Oculars dagegen für System 7 $= \frac{30}{400}$ oder $\frac{3}{40}$ Millimetre. Etwas umständlicher, aber wohl noch etwas genauer, wird die Messung durch das unterm Objectiv liegende Glasmikrometer mit Hülfe der Camera lucida. Man entwirft hier zuerst, in einer bestimmten Entfernung von der Camera (etwa bei 250 Millimetres Abstand) mit der letzteren eine genaue Umrifszeichnung des Gegenstandes, und läfst alsdann ebenfalls mit der Camera lucida, bei gleicher Entfernung, das Bild des Mafsstabes auf

*) v. Mohl's Mikrographie pag. 278—320.

die Zeichnung fallen; hier findet man, da man im Glasmikrometer ein bekanntes Mafs benutzte, direct den Gröfsenwerth des Gegenstandes.

Dasselbe Verfahren benutzt man zweckmäfsig zur Bestimmung der Vergröfserungen seines Mikroskopes, indem man das Bild des Glasmikrometers entweder direct auf einen anderen Mafsstab fallen läfst, oder die Theilstriche des vergröfserten Mafsstabes mit der Bleifeder auf Papier zeichnet und mit dem Zirkel auf den nicht vergröfserten Mafsstab überträgt. Ich habe alle meine Vergröfserungen auf diese Weise, bei 250 Millimetres Abstand, bestimmt; ich benutzte dazu das erwähnte Glasmikrometer ($\frac{1}{4}$ Millimetre in 100 Theile getheilt), welches ich unter das Mikroskop legte, als nicht vergröfserter Mafsstab diente 1 Decimetre in Millimetres getheilt. Im Abschnitt VII. spreche ich noch einmal über diesen Gegenstand.

Bei Anwendung des Schraubenmikrometers ist ein Fadenkreuz im Ocular nothwendig; man stellt den Gegenstand so ein, dafs dessen äufsere Grenze den einen Faden genau zu berühren scheint, und merkt sich alsdann genau die Stellung der mit einem Gradbogen, dem meistens noch ein Nonius beigegeben ist, versehenen Mikrometerschraube. Man bewegt jetzt diese Schraube so lange bis die entgegengesetzte Grenze des Gegenstandes den Faden zu berühren scheint und sieht nun wieder auf den Gradbogen und Nonius der Mikrometerschraube. Nach der Zahl der gemachten ganzen Umdrehungen, welche eine Seitentheilung angiebt, sowie nach der letzten unvollständigen Umdrehung, welche man durch den Gradbogen und den Nonius der Mikrometerschraube erfährt, berechnet man darauf die wahre Gröfse des gemessenen Gegenstandes. Der Werth der Theilungen wird von jedem Optiker angegeben. Da selbst bei der gröfsesten Genauigkeit nicht alle Theile der Mikrometerschraube vollkommen gleich ausfallen, so genügt hier eine Messung nicht, man mufs deren mindestens 4 bis 5 und zwar mit verschiedenen Stellen der Schraube ausführen und aus den gefundenen Zahlen die Mittelzahl als wahre Gröfse des Gegenstandes betrachten.

IV.

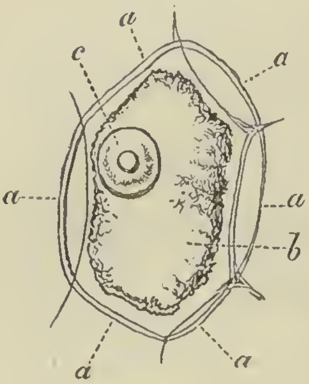
Die Pflanzenzelle in ihrer verschiedenen Gestalt, Ausbildung und Anordnung.

Die Pflanzenzelle ist die Grundlage aller Pflanzentheile, eine gründliche Kenntnifs dieser Zelle in den verschiedenen Zuständen ihrer Ausbildung ist demnach, ehe man mit einigem Erfolg specielle Untersuchungen vornehmen kann, durchaus nothwendig. Eine Kenntnifs nach Büchern und Abbildungen ist hier nicht ausreichend, man mufs die Elementartheile der Pflanze aus eigener Anschauung kennen lernen und deshalb sein Studium mit ihnen beginnen. Ich will in diesem Abschnitt auf die wichtigsten Momente im Bau der Zelle aufmerksam machen und zugleich zeigen, wo man die passenden Gegenstände findet und wie man sich mit ihnen am besten bekannt macht.

Ich beginne mit der freien Zelle. Im Fruchtbrei saftiger Früchte, z. B. in der reifen Johannisbeere oder Himbeere, desgleichen in den Früchten der Schneebeere, auch in den Blättern der Nelkenarten sind die Zellen so lose verbunden, dafs man nur kleine Portionen des Fruchtbreies oder Blattparenchyms mit einem Messer abzuheben, unter Wasser auf eine Objectplatte zu bringen und auf derselben möglichst dünn auszubreiten hat. Man wird in diesem Falle eine Menge isolirter Zellen, als ringsumschlossene Säckchen finden, die bei der Johannisbeere und Himbeere einen gefärbten, bei der Schneebeere dagegen einen nicht gefärbten flüssigen, von körnigen Schleimfäden oftmals vielfach durchzogenen Inhalt besitzen. Jede dieser Zellen führt in der Regel einen deutlichen Zellkern (Cytoblasten), d. h. ein rundes oder länglich rundes, oft scharfgezeichnetes und durchsichtiges, häufiger jedoch minder scharf umgrenztes, körniges Körperchen, in dessen Inneren

man häufig noch ein oder mehrere viel kleinere, runde, meistens hell durchscheinende Körperchen, die sogenannten Kernkörperchen des Zellkernes, erblickt. In einer Jahreszeit, wo es keine derartigen Früchte giebt, kann man sich zweckmäfsig einer nafsfaulen Kartoffel bedienen. Der nasse breiige Theil derselben besteht nämlich aus isolirten Zellen, welche in der Regel noch reichlich Stärkemehl enthalten, aber auch häufig schon von Pilzfäden vielfach durchbrochen sind. Die breiig faulen Partien eines Apfels oder einer Birne zeigen dasselbe. Behandelt man eine solche frei liegende Zelle mit Jodlösung, so färbt sich die Membran der Zelle selbst schwach gelb, während der Zellkern und der körnige, ihn häufig umgebende und ebenso meist im Umkreis der Zellwandung verbreitete Schleim eine braungelbe Färbung annimmt; entfernt man jetzt, wie ich es auf Pag. 26 angegeben, die Jodlösung vermittelst eines Haarpinsels und fügt man einen Tropfen Schwefelsäure von der bestimmten Stärke hinzu; oder wendet man noch besser einen Tropfen der von Schulz empfohlenen Chlorzink-Jodlösung an, so färbt sich die Membran der Zelle selbst schön blau, während der Zellkern und der körnige Schleim ihre braungelbe Farbe behalten. Der Zellkern ist bisweilen so durchsichtig, dafs man ihn erst durch Jodzusatz erkennbar macht; man findet ihn besonders schön in den Geweben der Orchideen (Fig. 3.); er ist dort grofs und scharf gezeichnet. Die Chlorzink-Jodlösung wirkt jedoch, wie schon bemerkt, nicht in allen Fällen blau färbend, was zum Theil von dem Grade der Concentration, in welchem sie angewendet worden, noch mehr aber von der Beschaffenheit der Membran der Zelle selbst abhängig ist.

Fig. 3.



Die blaue Färbung eines Pflanzentheiles durch Jod und Schwefelsäure hat man bisher als sicheres Reagenz auf Pflanzenzellstoff (Cellulose) betrachtet; ich sehe mich durch mehrjährige Beobachtungen veranlafst, dieselbe nur als Nachweis für einen bestimmten Hydratzustand dieses Stoffes anzunehmen. Die Membran ganz junger Zellen wird nämlich durch Jod und Schwefelsäure anfänglich gelb, dann

Fig. 3. Eine Zelle aus der Wurzel von Himantoglossum hircinum mit den Wänden benachbarter Zellen; *a* die Zellwand, *b* der Primordialschlauch, *c* der Zellenkern (200mal vergröfsert).

röthlich, darauf violett und zuletzt, oftmals erst nach Verlauf einer Stunde, blau gefärbt, während die Membran älterer Zellen augenblicklich diese Färbung annimmt. Da die Schwefelsäure wahrscheinlich wasserentziehend auf den Zellstoff wirkt, so scheint mir die Membran der jüngeren Zellen einen gröfseren Wassergehalt zu besitzen oder zum wenigsten das Wasser fester gebunden zu enthalten, so dafs erst allmälig derjenige Hydratzustand eintreten kann, für welchen die blaue Färbung charakteristisch ist. Dieselbe blaue Färbung des Zellstoffs erfolgt durch Zusatz von Chlorzink-Jodkaliumlösung, auch beim Betupfen eines Pflanzenschnittes mit Jodtinctur; in letzterem Falle mufs man jedoch das Präparat vorher eintrocknen lassen, und später destillirtes Wasser hinzufügen. Hier scheint dem Zellstoff durchs Austrocknen Wasser entzogen zu werden. Abgestorbene braune Zellen färben sich durch Jod und Schwefelsäure, desgleichen durch Chlorzink-Jodlösung, nicht mehr blau; die Zellwand der braungefärbten Partien einer kranken Kartoffel bleibt braun, während die benachbarten noch gesunden Zellen eine schöne blaue Färbung annehmen.

Die braune Färbung des Zellkernes und des körnigen Schleimes durch Jod und die Fortdauer dieser Färbung auf Zusatz von Schwefelsäure wird ziemlich allgemein als Beweis für die Gegenwart des Stickstoffes angesehen. Dafs sowohl der Zellkern als der körnige innere Schleimüberzug, (v. Mohl's Primordialschlauch), stickstoffhaltig sind, ist wohl mehr als wahrscheinlich, obschon diese braune Färbung allein keinen Stickstoffgehalt mit Sicherheit begründen kann, da sowohl abgestorbene Zellen, z. B. in der kranken Kartoffel und ebenso die sogenannte Cuticula der Blätter durch Jod, sowie durch Jod und Schwefelsäure gelb oder gelbbraun gefärbt werden, ohne dafs man hier, wie ich glaube, einen Stickstoffgehalt annehmen darf. Ich mufs jedoch bemerken, dafs alle diese Theile schon vor der Anwendung von Jod gelb gefärbt erscheinen und dafs diese Färbung durch das Jod nur noch erhöht wird, während der Zellkern und der körnige Schleim meistens vorher farblos sind. Die Chemie läfst uns hier leider noch sehr oft im Stich; wir können nur wenige Stoffe im Inhalt der Zelle z. B. Stärkemehl, Inulin, Chlorophyll und einige krystallisirte Salze mit Sicherheit unterscheiden. Die rothe Färbung durch Zucker und Schwefelsäure hervorgerufen, ist jedenfalls ein viel besserer Beweis für die Anwesenheit des Stickstoffes; doch ist zu bemerken, dafs dies Verfahren sehr geringe Mengen des genannten Stoffes nicht anzeigt,

weil dann die Färbung allzu schwach auftritt. Th. Hartig hat ganz neuerlich die Beobachtung gemacht, dafs stickstoffhaltige Stoffe viel rascher und intensiver Pflanzenfarbstoff aufnehmen; so wird nach ihm der Zellkern und die Protoplasmaströme, welche von selbigem zur Peripherie verlaufen, durch Carminlösung lebhaft roth gefärbt; Indigolösung, Tinte u. s. w. wirken ähnlich. Die Hartig'sche Entdeckung kann vielleicht für das Auffinden stickstoffhaltiger Verbindungen sehr wichtig werden.

Nachdem man sich mit dem Bau der einzelnen Zelle als geschlossenes Säckchen, mit flüssigem und festem Inhalt erfüllt, bekannt gemacht hat, nachdem man im Zellkern einen wesentlichen, in jungen Zellen niemals fehlenden, nur durch den körnigen Inhalt der Zelle oftmals verdeckten Theil des Inhalts derselben gefunden und sich auch über dessen Bau, die Anwesenheit oder Abwesenheit der Kernkörperchen und über deren Zahl, sowie über das Verhalten des Zellkernes zur Zelle, ob er central oder wandständig ist, d. h. ob er in der Mitte der Zelle oder an der Wand in dem vorhandenen Protoplasma liegt, verständigt hat, empfehle ich noch die Einwirkung verdünnter Säuren (verdünnte Schwefelsäure oder Salpetersäure) auf die frische Zelle zu beachten. Durch selbige, desgleichen durch Alkohol und durch Zuckerwasser, wird nämlich die meistens körnige innere Schleimauskleidung der Zelle zum Gerinnen gebracht, sie zieht sich in der Regel wie ein geschlossener Sack, den festen Inhalt der Zelle umfassend, zusammen; v. Mohl nannte sie den Primordialschlauch. Man findet denselben in allen jungen Zellen, ebenso in den Zellen aller saftigen Gewebe, im Blatte der Aloë und Agave, im frischen Blatte der Lebermoose, in den Zellen saftiger Früchte, im jungen Rindenparenchym der Linde u. s. w.; in stark verdickten Zellen ist der Primordialschlauch nur selten nachzuweisen; in allen bereits Luft führenden Zellen fehlt derselbe.

Betrachten wir jetzt die Pflanzenzelle in ihrer weiteren Ausbildung, so haben wir vor allem drei Punkte ins Auge zu fassen. 1. Das Wachsthum d. h. das Gröfserwerden der Zelle. 2. Den Grad und die Weise der Verdickung der Zellwand. 3. Die Anordnung der Zellen zu einander.

1. Die Pflanzenzelle, die bei ihrem Entstehen sehr häufig ein rundes, geschlossenes Säckchen bildet, vergröfsert sich später entweder *a*) nach allen Seiten und an allen Stellen ihres Umkreises gleich-

mäfsig; die Zelle behält dann, wenn sie von benachbarten Zellen wenig gedrückt wird, ihre ursprüngliche runde Gestalt. Diese Zellform ist in der Natur verhältnifsmäfsig selten, man findet sie öfter bei den Fortpflanzungszellen, den Sporen und den Pollenkörnern, aufserdem im Fruchtbrei reifer saftiger Früchte. Häufiger werden derartige Zellen durch gegenseitigen Druck vieleckig, die Zahl dieser Ecken richtet sich nach der Zahl und Anordnung der sie umgrenzenden Zellen; sehr häufig erscheinen derartige Zellen auf einem Querschnitt als 5, 6 oder mehreckig. Gewebe, aus solchen Zellen bestehend, hat man als regelmäfsiges Parenchym bezeichnet. Dasselbe ist sehr verbreitet, man findet es in der Kartoffel, im Mark der meisten Bäume, in den Wurzeln der Orchideen, im Blatt der Aloë u. s. w.

b) Die Pflanzenzelle entwickelt sich nach einer Richtung überwiegend; wir erhalten auf diese Weise entweder der Länge oder der Breite nach langgestreckte Zellen. Länge und Breite kann hier nur mit Bezug auf die Anordnung der Zellen zu einander eine Bedeutung haben; als der Länge nach gestreckte Zellen betrachte ich z. B. die Holzzellen, weil sie der Längsrichtung des Stammes folgen, als der Breite nach gestreckte Zellen dagegen die Markstrahlzellen, weil sie in der entgegengesetzten Richtung verlaufen. Je nach dem Grade der einseitigen Ausdehnung erhalten wir mehr oder minder langgestreckte Zellen. Im Stengel saftiger Pflanzen, z. B. im Stengel der Balsaminen findet man das sogenannte langgestreckte Parenchym, aus ziemlich weiten nur schwach verdickten Zellen bestehend; das Cambium der dicotyledonen Pflanzen enthält ebenfalls langgestreckte enge, sehr zartwandige Zellen; auch die Holzzellen sind in der Regel langgestreckt und dabei stark verdickt, jedoch an beiden Enden zugespitzt. Um die Gestalt aller dieser Zellen genau zu erforschen, bedient man sich zweckmäfsig des von Schulz vorgeschlagenen Macerationsverfahrens.

c) Die Pflanzenzelle vergröfsert sich zwar nach allen Seiten hin, aber nicht an allen Stellen ihres Umkreises, in gleichem Mafse. Die zierlichste Art dieser Zellen bildet das sogenannte sternförmige Gewebe z. B. im Mark der Binsen (Juncus conglomeratus), im Blattstiel von Musa; weniger regelmäfsig findet man dasselbe in vielen anderen schwammigen Pflanzengeweben. Es ist hier oftmals schwierig, die eigentliche Form der Zellen, wenn ihre Scheidewände sehr zart sind, zu erkennen. Chlorzink-Jodlösung oder Jod und Schwefelsäure, wo-

durch diese Zellen in der Regel blau gefärbt erscheinen, sind in diesem Falle sehr anwendbar. Ein solches Gewebe ist, da sich seine Zellen nur an bestimmten, oft sehr beschränkten Stellen berühren, von Luftkanälen durchzogen; daher seine schwammige Beschaffenheit. Die Oberhaut vieler Pflanzen, z. B. des Blattes der Buche, desgleichen vieler Farrenkrautblätter, besteht aus flachen Zellen, deren Wände zahnförmig in einander greifen, indem genau jeder Vorsprung der einen Zelle in eine entsprechende Vertiefung der benachbarten Zelle eingreift; ein derartiges Gewebe unterscheidet sich vom schwammförmigen Gewebe durch das Fehlen der Luftkanäle zwischen den Zellen. Das Periderma der Kiefer (Fig. 4.) ist solcher Oberhaut ähnlich gebaut. Die pergamentartigen Flügel der Borkenschuppen dieses Baumes bestehen aus demselben; man isolirt diese Peridermaschichten am besten nach der Methode von Schulz.

Fig. 4.



2. Die Pflanzenzelle verdickt sich, wie es scheint, nur durch Ablagerung fester Substanzen von Innen her auf ihre ursprüngliche, aus Zellstoff bestehende, Wand. Diese Ablagerung neuen Zellstoffs scheint vielfach unter der Form einer Spirale zu erfolgen (Fig. 5); bei ganz jungen Holzzellen, z. B. bei den jüngsten Holzzellen eines frischen Zweiges von Picea vulgaris erkennt man im Frühling und Sommer das zierlichste Spiralband; in den älteren Holzzellen ist es dagegen fast verschwunden. Das Spiralband der sogenannten Spiralgefäſse, die Zeichnung in den Verdickungsschichten der Bastzellen von Vinca minor, die Anordnung der verdünnten Stellen in der Verdickungsmasse der Holzzellen von Caryota urens und Hernandia sonora, sowie die Stellung der spaltenförmigen Poren vieler Holzzellen, z. B. bei Cycas, sind ebenfalls Beweise für die Ablagerung der Verdickungsmasse in Form einer Spirale. In vielen anderen Fällen, z. B. beim Sameneiweiſs der Dattel, des Cyla-

Fig. 5.

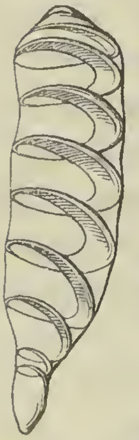


Fig. 4. Zellen aus dem Periderma der Kiefer (Pinus silvestris), 200 mal vergröſsert. Dieselben sind durch Kochen mit chlorsaurem Kali und mit Salpetersäure isolirt worden.

Fig. 5. Eine Zelle aus dem Gefäſsbündel von Mamillaria stellaris. Das Spiralband ist hier plattenförmig ausgebildet. (Vergröſserung 200 mal).

men, ferner im sogenannten Collenchym der Rinde, desgleichen im Blattgewebe vieler Lebermoose, wo nur die Ecken der Zellen verdickt sind (Jungermannia anomala, J. crenulata), ist keine Spirale in den übrigens sehr entwickelten Verdickungsschichten nachweisbar. Die letztere, sowie die ringförmige Verdickungsweise scheint überhaupt nur da aufzutreten, wo die Zellen selbst noch eine Zeit lang stark verlängert werden, während schon eine Verdickung erfolgt ist. Die nicht verdickten Partien der Zellwand strecken sich bei dieser Verlängerung, die Windungen des Spiralbandes oder die Ringe werden dadurch mehr und mehr von einander gezogen, was schon bei einer netzförmigen Verdickungsweise, wo auch nach der Längsrichtung Verdickungen entstanden sind, nicht mehr oder in beschränkterem Grade möglich ist. Eine genaue Entwickelungsgeschichte der Stengelglieder der Balsamine ist für diese wichtige Frage besonders zu empfehlen. In den jüngsten Internodien findet man hier nur Spiral- und Ringgefäfse mit dicht an einander liegenden Windungen oder Ringen; je mehr sich das Internodium verlängert, um so mehr wachsen dagegen auch mit ihm seine Zellen. Die Windungen und Ringe der zuerst entstandenen Gefäfse sind jetzt weit von einander gezogen, sie entfernen sich noch immer mehr, je mehr sich das Internodium verlängert. Hierbei entstehen fortwährend neue Gefäfse und zwar so lange das Längswachsthum des Stengelgliedes fortdauert, derselben Art, sobald dagegen die Verlängerung des Internodiums beendigt ist, bilden sich netzförmige Gefäfse u. s. w. Die Entwickelungsgeschichte der Stengelglieder junger Zweige eines jeden Waldbaumes lehrt dasselbe; deshalb erscheinen in der Markscheide überall Spiral- oder Ringgefäfse, während selbige in den meisten Fällen im eigentlichen Holz nicht mehr vorkommen. Die Markscheide aller Coniferen zeigt statt der Holzzellen spiralförmig verdickte Zellen*).

In fast allen stark verdickten Zellen, z. B. in vielen Holzzellen, erblickt man aufserdem eine deutliche Schichtung in der Verdickungsmasse; es scheint darnach als ob die Verdickung periodisch erfolgte. Beobachtungen an den Holzzellen von Caryota urens und Hernandia sonora**) zeigten mir, dafs mit diesen Schichten sich auch die Richtung der Spirale ändern könne. Die Verdickungsmasse verbreitet sich,

*) Man vergleiche meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse p. 248—264.

**) Botanische Zeitung von 1850. No. 39.

wie schon das Spiralband zeigt, nicht über die ganze Wand der Zelle gleichmäfsig, sie besteht nicht aus spiralig verlaufenden Fasern, die Spirale bezeichnet nur stärker verdickte Stellen der Schichten*).

In der Verdickungsmasse der Zellwand zeigen sich hier und da, häufig in der Richtung einer Spirale gestellte, oft regelmäfsig geformte, verdünnte Stellen, welche namentlich dem Stoffwechsel der Zellen unter einander zu dienen scheinen. Selbst in schwach verdickten Zellen erkennt man auf dünnen Längs- oder Querschnitten, zumal bei Anwendung von Chlorzink-Jodlösung oder Jod und Schwefelsäure, die verdünnten Stellen der Zellwand, indem selbige beinahe farblos bleiben, während sich die verdickten Partien der Zellwand schön blau färben. (Als Beispiele das Stärkmehl führende Gewebe der Kartoffel, die Zellen des Laubes von Fegatella conica, von Preissia commutata u. s. w.). Bei stärker verdickten Zellen erscheinen diese verdünnten Stellen als Porenkanäle; diese Porenkanäle kommen, mit Ausnahme der Blattoberhaut einiger Pflanzen (Cycas revoluta, Aloë succotrina, Hakea u. s. w.), immer nur da vor, wo sich zwei Zellen berühren, der Porenkanal der einen Zelle trifft dann immer genau auf den Porenkanal der anderen Zelle, beide sind jedoch durch eine dünne Membran von einander geschieden. (Als vorzügliches Beispiel das Sameneiweifs des Dattelkerns) (Fig. 6). Zwischen den Wänden beider Zellen findet sich häufig ein linsenförmiger Raum, der sogenannte Tüpfelraum. Die Holzzellen der Coniferen bieten hierfür die besten Beispiele, auch die Gefäfs-

Fig. 6.

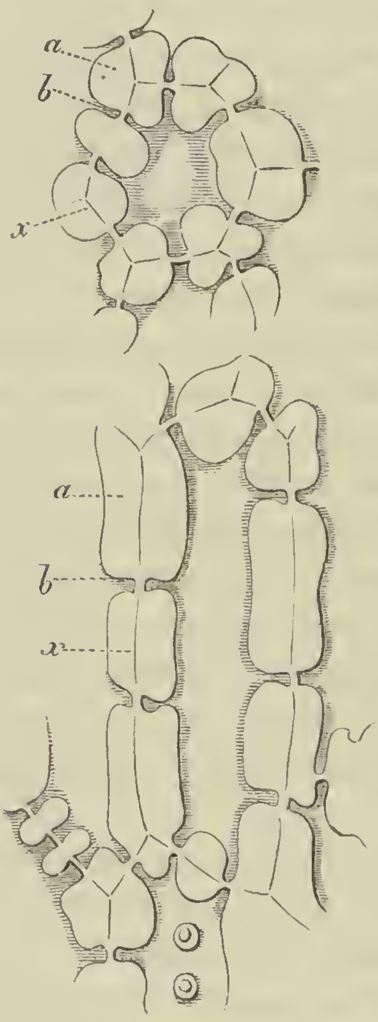
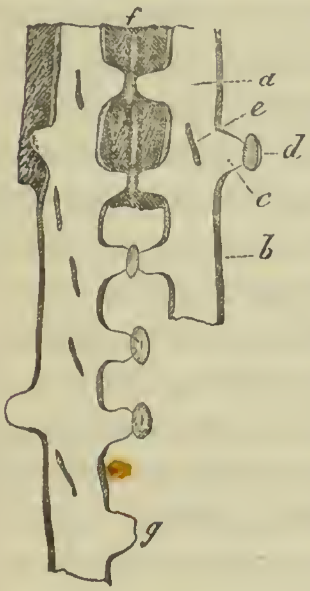


Fig. 6. Zellen aus dem Sameneiweifs der Dattel im Querschnitt und im Längsschnitt; *a* die stark verdickten Partien der Zellwandung, *b* die Porenkanäle, *x* die Trennungslinie der beiden sich berührenden Zellen. (400mal vergr.).

*) Man vergleiche meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse p. 221—235.

zellen der tropischen Schlinggewächse (Büttneria, Porana), bei denen häufig verzweigte Porenkanäle vorkommen, sind sehr zu empfehlen. Porenkanäle in Verbindung mit dem erwähnten linsenförmigen Raum nennt man Tüpfel. Um sich über den Bau der letzteren zu verständigen, mufs man sie von 3 Seiten sehen. Auf einem Querschnitt und einem Längsschnitt, welcher sich mit den Markstrahlen kreuzt, sieht man sie bei Pinus silvestris von der Seite, man erkennt den Porenkanal einer jeden Holzzelle und zwischen beiden den linsenförmigen Raum; auf einem Längsschnitt, welcher den Markstrahlen folgt, erblickt man dagegen die Tüpfel von oben, und zwar als einen gröfseren und als einen kleineren Kreis; der gröfsere Kreis ist die Grenze des linsenförmigen Raumes, der kleinere in seiner Mitte, entspricht dem Porenkanal. Der letztere erscheint nicht immer als Kreis, bei den Holzzellen von Cycas ist er z. B. spaltenförmig, weil hier der Porenkanal platt gedrückt ist. Wenn der Porenkanal endlich, wie es bei einigen Hölzern der Fall ist, kegelförmig ins Lumen der Zelle mündet, so erscheint zwischen den beiden genannten Kreisen noch ein dritter Kreis, welcher der weiten Mündung des Porenkanals entspricht (Fig. 7.).

Fig. 7.



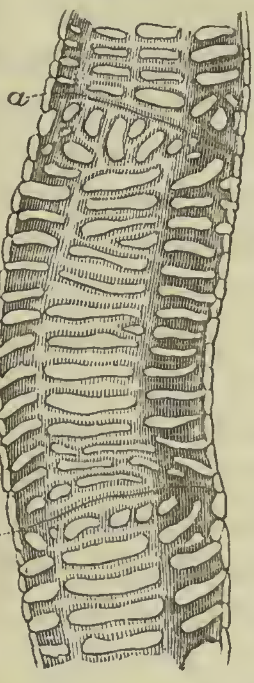
Nach dem Grade der Verdickung unterscheidet man Parenchymzellen (meistens schwach verdickte, an den Enden nicht zugespitzte und nicht in einander geschobene Zellen) und Prosenchym- oder Holzzellen, deren Wandungen meistens stark verdickt sind und die sich mit spitzen Enden in einander schieben. Mit selbigen nahe verwandt sind die Bastzellen, deren Verdickungsmasse jedoch weniger fest und spröde, sondern mehr biegsam und zähe ist, wodurch

Fig. 7. Partie aus zwei neben einander liegenden und mit einander verbundenen Holzzellen von einem fossilen Leguminosenstamm. Der kohlensaure Kalk, in den dieses Holz übergegangen war, ist durch sehr verdünnte Salzsäure entfernt worden; man sieht die Tüpfelräume (*d*) und die Porenkanäle (*c*), welche auf dieselbe verlaufen, von einer zarten Haut (*b*), der jüngsten Verdickungsschicht dieser Zellen, umkleidet, die älteren Verdickungsschichten (*f*) sind stark verändert, sie werden durch Betupfen mit einem Pinsel leicht entfernt. Bei *e* sieht man einen Porenkanal von oben, bei *g* erblickt man ihn von der Seite. Der Porenkanal ist hier spaltenförmig. (300mal vergröfsert).

sie vielſach technisch so brauchbar werden. Die Gefäſszellen unterscheiden sich von allen anderen Pflanzenzellen dadurch, daſs sie in Reihen übereinanderstehend durch das entweder vollständige oder theilweise Fehlen ihrer Querscheidewände mit einander in unmittelbarer Verbindung stehen und so gewissermaſsen eine zusammenhängende Röhre bilden. Wenn die Querwände der Gefäſszellen in horizontaler Richtung auf einander treffen, so findet man in der Regel die Querwand von einem runden Loch durchbrochen (dieser Fall ist der gewöhnlichste); treffen die Querwände dagegen in schiefer Richtung auf einander, so sieht man sehr häufig statt der runden Löcher sogenannte leiterförmige Scheidewände, d. h. der Breite nach verlaufende spaltenförmige, neben einander liegende Löcher; bei den Gefäſszellen von Alnus, Betula, Corylus, Platanus, Buxus, Thea Bohea, Caryota urens u. s. w.; bei Ephedra kommen unter gleichen Verhältnissen statt der spaltenförmigen Löcher meistens doppelte Reihen runder Löcher vor. Wirkliche Löcher der Zellwand finden sich auſserdem nur sehr selten, z. B. im Blatt und in der Rinde des Stengels von Sphagnum.

Das Spiralgefäſs ist der eigentliche Typus der Gefäſszelle, in ihm ist die Ablagerungsmasse als fortlaufendes Spiralband entwickelt; im Ringgefäſs ist dagegen die Verdickungsmasse in Ringform abgelagert, jeder Ring steht mit dem vorhergehenden und dem folgenden in keinem Zusammenhang. Im Stengel der Balsamine und bei vielen anderen saftigen Pflanzen findet man die schönsten Uebergänge vom Spiral- zum Ringgefäſs. Bei den sogenannten treppenförmigen Gefäſsen, welche im Holz des Weinstocks, auch in den Blattstielen der Farrenkräuter, am gröſsten aber im Stamm der Baumfarren auftreten, sind die fast wagerechten Verdickungsleisten, welche vielleicht als Spiralbänder gedeutet werden können, gewissermaſsen durch senkrechte Verdickungsleisten, welche nur an den Ecken der Gefäſszelle auftreten, verbunden. Bei netzartig, oftmals sehr zierlich, verdickten Zellen treten diese Längsleisten, welche die Spirale verbinden, noch zahlreicher hervor (Fig. 8). Die Gefäſsbündel des Stengels der Balsamine zeigen, mit Ausnahme der Treppengefäſse, alle hier genannten Formen in schönster Ausbildung. Getüpfelte Gefäſse findet man besonders schön im Holz von Laurus Sassafras, desgleichen bei der Hainbuche (Carpinus); bei Tilia europaea sind Tüpfel und Spiralband vorhanden, dasselbe gilt für die Holzzellen von Taxus. Das Treppengefäſs zeigt auf dem Längsschnitt zwischen je zwei Windungen einen Tüpfelraum,

Fig. 8.



dieser Tüpfelraum ist, wie der sehr gelungene Querschnitt nachweist, spaltenförmig; das Treppengefäfs steht somit, weil es Tüpfelräume besitzt, dem getüpfelten Gefäfs am nächsten. Das von Schulz vorgeschlagene Macerationsverfahren ist für die Erforschung der Zellen selbst sehr empfehlenswerth. Für die Beobachtung der Gefäfszellen sind alle saftigen Stengel, fast ohne Ausnahme, sehr geeignet.

Die Gefäfse und die Holzzellen führen, sobald sie als solche ausgebildet sind, Luft; das Parenchym ist dagegen mit flüssigem Inhalt, in welchem feste Stoffe gelöst oder vertheilt vorkommen, erfüllt. Wenn man einen nicht zu dünnen Längsschnitt durch das Gefäfsbündel eines frischen Pflanzentheils unter Wasser betrachtet, so wird man, ehe das Wasser Zeit hat, in die Gefäfszellen zu dringen, dieselben bei auffallendem Licht weifs, dagegen bei durchfallendem Licht schwarz erblicken, eine Erscheinung die bekanntlich Luft anzeigt; legt man jetzt den Schnitt in Alkohol, um die Luft aus den Gefäfsen zu entfernen und bringt ihn dann wieder in einem Wassertropfen unters Mikroskop, so haben sich die Gefäfszellen mit Wasser gefüllt, sie erscheinen jetzt durchsichtig gleich den Zellen des Parenchyms.

3. Die sowohl im Wachsthum als in der Verdickungsweise so verschiedenen Pflanzenzellen bilden mit einander vereinigt, d. h. durch ein Secretionsprodukt der Zellen selbst (durch die Intercellularsubstanz) mit einander verklebt, die verschiedenen Arten der Gewebe. Man mufs hier, wie ich glaube, vornehmlich 3 Arten unterscheiden:

A. Nahrungsgewebe (Parenchym).

B. Fortbildungsgewebe (Cambium), aus welchem die Gefäfsbündel mit ihren verschiedenen Zellenarten, den Gefäfszellen, Holzzellen, dem Holzparenchym und den Bastzellen, entstehen.

C. Oberhautgewebe.

A. Das Nahrungsgewebe charakterisirt sich durch dünnwandige Zellen, sogenannte Parenchymzellen, deren Form jedoch sehr ver-

Fig. 8. Ein kleiner Theil eines netzförmig verdickten Gefäfses der wilden Balsamine (Impatiens noli tangere); *a* u. *b* die Grenze der Zellen, aus denen dieser Theil des Gefäfses besteht. (200mal vergröfsert).

schieden sein kann. Das regelmäſsige, aus nahebei runden, oder aus eben so langen als breiten Zellen bestehende Parenchym finden wir im Mark der meisten Bäume; langgestrecktes regelmäſsiges Parenchym begegnet uns im Mark und in der Rinde schnell wachsender Pflanzen; sternförmiges Parenchym zeigt sich im Mark der Binsen; schwammförmiges Parenchym sehen wir im Stengel vieler Wasserpflanzen. Das verfilzte Gewebe des Flechtenlaubes, wie dasjenige der höheren Pilze, möchte ich als eine besondere Art des Parenchyms betrachten. Die parenchymatischen Gewebe sind die eigentlich lebensthätigen der Pflanze, in ihnen bilden sich neue Zellen, insbesondere aber verschiedene Pflanzenstoffe, z. B. Stärkmehl, Inulin, Zucker, ätherische und fette Oele, in ihnen scheiden sich Krystalle aus u. s. w. Man kann ein Urparenchym annehmen, welches zunächst der Zellenvermehrung dient und die Fähigkeit besitzt, alle Zellenarten zu erzeugen, so in der jüngsten Anlage des Keimes und im Vegetationskegel des Stammes und der Wurzel.

B. Das Fortbildungsgewebe oder das Cambium der Gefäſsbündel (Fig. 9) besteht aus sehr zartwandigen Zellen, welche sich allmälig und zwar nach bestimmter Reihenfolge in die verschiedenen Zellenarten des Gefäſsbündels umbilden. Wenn dies Cambium, indem es nach der einen Seite hin den Holzkörper, nach der anderen Seite hin dagegen den Bastkörper des Gefäſsbündels entwickelt, überdies für seine eigene Fortdauer sorgt, so verdickt sich durch dasselbe das Gefäſsbündel fortwährend nach beiden Seiten hin. Hierauf beruht das Entstehen der Jahresringe unserer Bäume, indem alljährlich durch das Cambium eine neue Holzlage gebildet wird, aber auch gleichzeitig durch das Cambium die Rinde zunimmt. Diese Art der Fortbildung bezeichnet das Gefäſsbündel der Dicotyledonen. — Die Gefäſszelle entsteht direkt aus einer Cambiumzelle; indem die Querwände einer Längsreihe solcher Zellen verschwinden, bildet sich aus ihnen eine Röhre oder das sogenannte Gefäſs. — Bei der Bildung

Fig. 9.

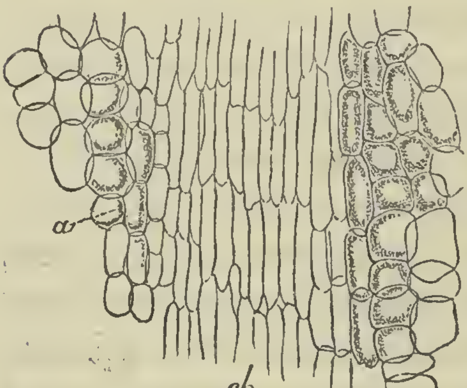


Fig. 9. Partie aus einem Längsschnitt durch den Dattelkeim; *a* u. *a* Nahrungsgewebe, *cb* Cambium. (200mal vergröſsert).

der **Holzzelle** entstehen in einer Cambiumzelle der Länge nach zwei Tochterzellen, die eine dieser beiden Tochterzellen wird zur Holzzelle, während die andere noch eine Zeit lang als Cambiumzelle verbleibt. Die ausgebildete Holzzelle (Fig. 10.) endigt in den meisten Fällen nach beiden Seiten mit einer Spitze, ihre Wand ist in der Regel stark verdickt und mit wirklichen Tüpfeln (p. 61) versehen. — Das **Holzparenchym** entsteht wiederum durch eine Zellenbildung im Innern der ganz jugendlichen Holzzelle; es bilden sich im Innern der letzten durch Quertheilung in der Regel mehrere Tochterzellen. Häufig wird die Mutterzelle, die ursprüngliche Holzzelle, resorbirt, nicht selten bleibt sie jedoch, so beim Weinstock, wo die eigentliche Holzzelle ein Spiralband besitzt, das Holzparenchym dagegen ein solches entbehrt. Ein Holzparenchym ist vielen Bäumen, z. B. der Eiche und Buche, ferner den Leguminosen eigen; bei Ulex und Spartium ist dasselbe noch mit einem zierlichen Spiralband versehen. Man erkennt es jederzeit an der Kürze seiner Zellen im Vergleich zu den wirklichen Holzzellen, ferner an dem Mangel spitzer Enden und endlich an seinem Inhalt, der häufig aus Stärkmehl und anderen Kohlenhydraten besteht, welche den Holzzellen überall fehlen*). — Die **Bastzellen** (Fig. 11) entstehen, wie die Holzzellen, durch Längstheilung einer Cambiumzelle, doch scheinen meistens mehr als 2, in der Regel 4 Bastzellen aus einer Cambiumzelle hervorzugehen. Die ausgebildete Bastzelle endigt, gleich der Holzzelle, nach beiden Seiten hin mit einer Spitze; sie verdickt sich wie diese, zeigt aber niemals wirkliche Tüpfel, wohl aber Porenkanäle. Die Bastzellen einiger Pflanzen, z. B.

Fig. 10.

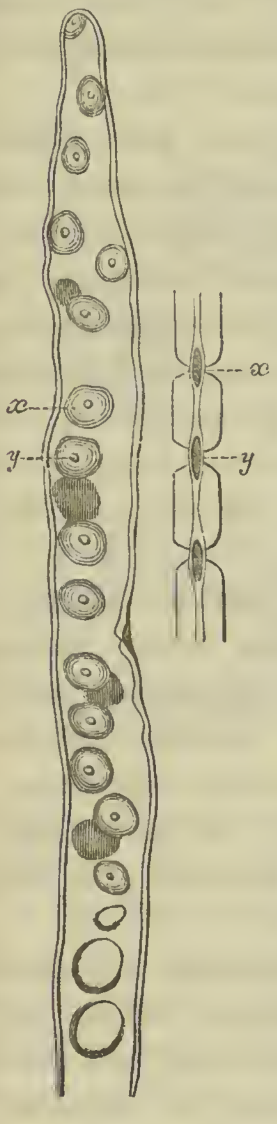


Fig. 10. *A*. Theil einer isolirten Holzzelle der Kiefer; *x* der Tüpfelraum, *y* der Porenkanal des Tüpfels, von oben gesehen. *B* Partie zweier Holzzellen im Längsschnitt gegen die Markstrahlen.

*) Bei einigen Nadelhölzern, z. B. bei Taxus, wo die Harzgänge fehlen, ist statt derselben ein mit Harz erfülltes Holzparenchym vorhanden.

Fig. 11.



der Tanne, Fichte u. s. w., sind, nachdem sie mehrere Jahre unverholzt, nur der Saftführung gedient haben, noch zur Zellenbildung fähig, in ihnen entstehen die secundären Bastzellen, welche in der Regel verholzen und bei der Tanne durch ihre eigenthümliche, vielfach verzweigte Gestalt ausgezeichnet sind.

Das Cambium selbst führt niemals Stärkmehl oder andere Kohlenhydrate, sein Inhalt ist körnig, Zucker und Schwefelsäure bewirken eine rosenrothe Färbung, er ist demnach reich an stickstoffhaltigen Substanzen. — Die Gefäfszellen und die Holzzellen führen im ausgebildeten Zustande Luft; die Bastzellen sind dagegen, zum wenigsten bei den meisten Pflanzen, für eine lange Zeit mit Saft erfüllt.

Die Entwickelungsgeschichte des Cambiums und der Holzzellen verfolgt man am besten im Frühjahr in der Wurzel von Pinus, Abies und Larix. Das Entstehen der Gefäfse zeigt sich am schönsten an schnell wachsenden Dicotyledonen, z. B. an Zweigen von Broussonetia, Paulownia u. s. w. Die Entwicklungsgeschichte des Holzparenchyms und der Bastzellen läfst sich wahrscheinlich am Weinstock leicht nachweisen*).

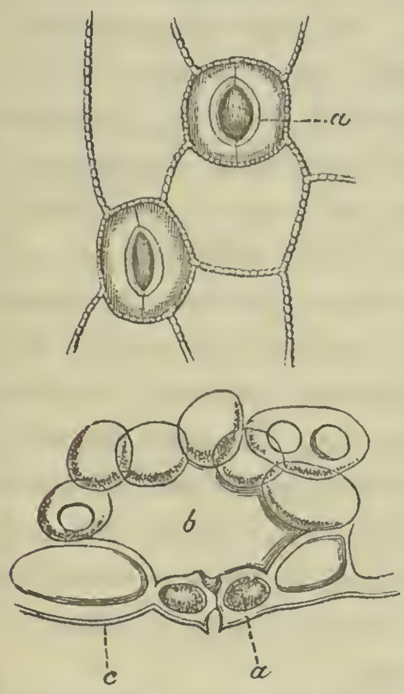
C. Das Oberhautgewebe ist sehr mannigfaltiger Art; dahin gehört *a*) die eigentliche Oberhaut (die Epidermis), meistens nur aus einer Lage ziemlich dickwandiger Zellen bestehend. Die Form dieser Zellen selbst ist nach den Pflanzen sehr verschieden; bei den monocotyledonen Pflanzen, den Gräsern, Irideen, Orchideen u. s. w., sind die Zellen langgestreckt und regelmäfsig; auf den Blättern der Farrenkräuter sind sie dagegen höchst unregelmäfsig, fast sternförmig in

Fig. 11. Isolirte Zellen; *a* ein Baumwollenhaar, *b* eine Bastzelle aus der Leinpflanze, *c* eine solche aus der Hanfpflanze, *e* u. *d* Bastzellen als Querschnitte. (200mal vergröfsert).

*) Man vergleiche für das Nähere meine Pflanzenzelle und meinen Baum.

einander gefügt; auf den Blättern dicotyledoner Gewächse sind sie je nach der Pflanze verschieden geformt. Nicht selten hat auch die untere Seite desselben Blattes eine anders geformte Oberhaut als die obere Seite, z. B. bei der Kartoffel. Zwischen diesen Oberhautzellen, häufiger jedoch dicht unter ihnen, liegen die sogenannten Spaltöffnungen. Mit Ausnahme der Marchantien werden dieselben wohl immer nur aus 2 Zellen gebildet (Fig. 12). Bei Cycas und einigen Proteaceen liegen diese beiden Zellen sehr vertieft unter einem, aus mehreren Oberhautzellen gebildeten kraterförmigen Hügel, bei Nerium Oleander liegen sie gar in bestimmten tiefen Gruben des Blattes gesellig bei einander, während die glatte obere Fläche des Blattes keine Spaltöffnungen besitzt. In der Regel sind die Spaltöffnungen bei in der Luft wachsenden Pflanzen vorzugsweise an der Unterseite der Blätter zu suchen; bei Cycas und Nerium, bei Fagus, Quercus, Alnus u. s. w. fehlen sie z. B. der Oberseite gänzlich; bei den schwimmenden Blättern der Wasserpflanzen (z. B. Hydrocharis, Nymphaea) erscheinen sie dagegen nur auf der Oberseite. Der Oberhaut untergetauchter Blätter der Wasserpflanzen, z. B. Potamogeton, fehlen die Spaltöffnungen gänzlich.

Fig. 12.



Die Oberhaut ist häufig mit Haaren bekleidet; in der Regel sind diese Haare verlängerte Zellen der Oberhaut selbst. Die Haare können aus einer oder aus mehreren Zellen bestehen, im letzteren Falle endigen sie häufig mit einem zelligen Knöpfchen, als sogenannte Drüsenhaare (bei Pinguicula vulgaris, Solanum tuberosum). Die Brennhaare der Urticeen bestehen dagegen nur aus einer Zelle, deren sehr verschmälertes Ende ein kleines etwas gebogenes, sehr leicht abbrechendes Knöpfchen trägt. Die Schuppen der Elaeagneen, einiger Bromeliaceen u. s. w. gehören ebenfalls hierher, es sind gewissermafsen zusammengesetzte Haare. Verzweigte, nicht zusammengesetzte, vielmehr

Fig. 12. Oberhaut der unteren Seite vom Blatte der Bocksorchis (Himantoglossum) von Oben und als Querschnitt gesehen; *a* die Spaltöffnung, *b* die Athemhöhle unter ihr, *c* eine Oberhautzelle. (200 mal vergröfsert).

aus einer Zelle bestehende Haare sind verhältnifsmäfsig selten; man findet sie bei den Alyssum-Arten, noch schöner bei einigen Amaranthaceen, z. B. auf den Blättern von Alternanthera axillaris, auch am Blüthenkolben einiger Cycadeen.

Die eigentliche Oberhaut und ebenso die ihr angehörenden Theile, z. B. die Haare und die Aufsenseite der Spaltöffnungszellen sind, wie ich glaube, überall, nur nicht überall in gleicher Stärke, mit einem zusammenhängenden Ueberzug, einem Secretionsprodukt dieser Zellen, das man Cuticula genannt hat, bekleidet. Bei jungen Oberhautzellen ist diese Cuticula sehr schwach entwickelt, später erscheint sie als feste, der stärksten Schwefelsäure widerstehende Membran; besonders schön ist selbige auf den Blättern einiger Orchisarten (Himantoglossum, Orchis fusca, Limodorum), ferner auf den Haaren der Monotropa, der Borrago-Arten u. s. w., wo sie Streifen oder warzenförmige Erhebungen bildet, vorhanden. Was bei lederartigen oder glänzenden Blättern, z. B. bei Viscum, Aloë u. s. w., wirkliche Cuticula ist und was den Verdickungsschichten der Oberhautzellen angehört, kann für jeden einzelnen Fall nur eine genaue Untersuchung feststellen. Bei Aloë und noch schöner bei Gasteria obliqua, bei Viscum und bei Phormium tenax wird der gröfste Theil der sogenannten Cuticula von den Cuticularschichten der Oberhautzellen gebildet, über diesen Schichten liegt dagegen ein wirkliches Secret, die wahre Cuticula. (Man erwärmt dünne Querschnitte in Aetzkalilösung).

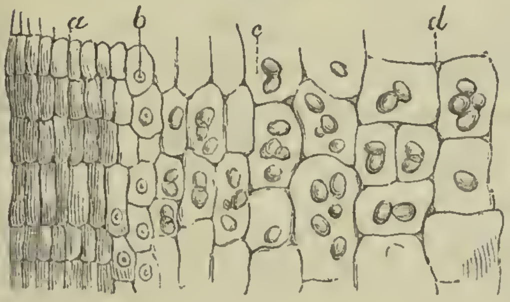
Die Epidermis bekleidet Blatt und Stengel der höheren Gewächse; bei den niedrigsten Pflanzen, den Pilzen, Algen und Flechten fehlt sie gänzlich, bei den Laubmoosen erscheint sie an der Fruchtkapsel, bei den Marchantieen an der Oberseite des Laubes, bei Anthoceros an der Fruchtkapsel und zwar dort mit sehr schönen regelmäfsigen Spaltöffnungen versehen. Bei den höheren Kryptogamen ist sie, wie schon erwähnt, vorhanden. Die jungen Zweige der Bäume sind jederzeit mit einer Oberhaut bekleidet, unter derselben bildet sich späterhin eine Korkschicht, durch welche darauf die Epidermis abstirbt.

b) Das Epithelium, eine zarte Oberhaut ohne Spaltöffnungen, oft aus papillösen Zellen, welche dann häufig eine Flüssigkeit secerniren, bestehend. Man findet ein derartiges Epithelium vorzugsweise auf der Narbe, im Staubwegkanal und im Fruchtknoten der Phanerogamen; auch die sammetartige Oberfläche vieler Blumenblätter, z. B. der Rosen, besteht aus einem derartigen Gewebe. Die zarte Oberhaut der

Wurzeln und Nebenwurzeln, die keine Spaltöffnungen, wohl aber Wurzelhaare besitzt, wird ebenfalls hierher zu rechnen sein; Schleiden bezeichnet sie als Epiblema.

c) Der Kork; aus zahlreichen Schichten tafelförmiger, meist dünnwandiger Zellen bestehend (Fig. 13). Der ausgebildete Kork führt gleich dem Holz nur Luft; er wird nicht selten, und zwar periodisch, mit der Rindenschicht, welcher er angehört, abgeworfen und von einer neu entstandenen Rindenschicht wiederum neu gebildet. Der Kork ist bei einigen Acerarten, bei Ulmus suberosa, bei Quercus suber u. s. w. sehr schön entwickelt. Wenn die Korkbildung bis ins Innere der Rinde vordringt, so entsteht die Borke; die ausgebildete Korkschicht hindert nämlich fortan den Saftaustausch von innen her, alle aufserhalb des Korkes liegenden Zellen sterben ab. Die Borkenbildung beobachtet man sehr schön an der Kiefer, Fichte, Eiche u. s. w. Ich unterscheide zwischen gemeinem Kork und Lederkork (Periderma). Der letztere ist bei der Birke besonders schön entwickelt, er zeigt sich ferner bei der Tanne, Buche, Hainbuche, Kirsche, überhaupt bei allen Bäumen mit glatter Stammoberfläche*).

Fig. 13.



Die Gefäfsbündel sind gruppenartig verbundene Zellen verschiedener aber bestimmter Art, die unter sich im Zusammenhang stehen, und welche die höheren Pflanzen als ein zusammenhängendes System durchziehen; ihre Entwickelung verfolgt man am besten bei der Keimung des Samens. Im Stammtheil des Embryon treten sie dicht unterhalb der Samenlappen zuerst und zwar als Cambiumbündel hervor**).

Der wesentlichste Theil eines Gefäfsbündels sind seine langgestreckten dünnwandigen Zellen, die ich, da sie dem Cambium des dicotyledonen Stammes entsprechen, als Cambiumzellen bezeichnen will.

Fig. 13. Längsschnitt durch das Rindengewebe einer jungen Kartoffelknolle; *a* der Kork, *b* die Zellen, durch welche sich derselbe fortbildet, *c* Nahrungsgewebe mit Stärkmehlkörnern erfüllt, *d* Intercellularraum. (50mal vergröfsert).

---

*) Man vergleiche meinen Baum p. 221—244.

**) Man vergleiche meinen Baum p. 108, ferner meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse p. 105.

Es giebt ausgebildete Gefäſsbündel, wenngleich selten, die nur aus solchen Zellen bestehen. Im Wurzelstock und in den Ausläufern von Epipogum Gmelini findet man nur höchst selten eine schwache Andeutung von Gefäſszellen, erst im Stengel und in den Blüthentheilen erscheinen die letzteren, auch bei Najas und Caulinia sind nur Cambiumbündel ohne Gefäſse vorhanden. Wo sich ein neues Gefäſsbündel bildet, z. B. im Embryon der Phanerogamen, besteht dasselbe anfänglich ebenfalls nur aus Cambiumzellen (p. 69), erst später entwickeln sich einige derselben zu den sogenannten Gefäſszellen. Die Lage dieser Cambiumzellen bedingt auch das Wachsthum des Gefäſsbündels und damit die Art des Wachsthums der Pflanze selbst. Bei dem dicotyledonen Gefäſsbündel, das anfänglich eben so gut wie das monocotyledone Gefäſsbündel, auf einem Querschnitt von den benachbarten Bündeln getrennt erscheint, liegt diese Cambiumschicht nach Auſsen, d. h. der Peripherie des Stammes zugewandt; das Cambium ist hier nach Auſsen in seiner Fortbildung nicht gehindert, es kann nach Innen neues Holz, nach Auſsen neue Rinde bilden, dadurch ist auch ein Wachsthum des Stammes im Umfang möglich geworden (Fig. 14). Schleiden nennt dies Gefäſsbündel sehr treffend ein ungeschlossenes im Gegensatz zum geschlossenen, d. h. von Holzzellen rings umgebenen Gefäſsbündel.

Fig. 14.

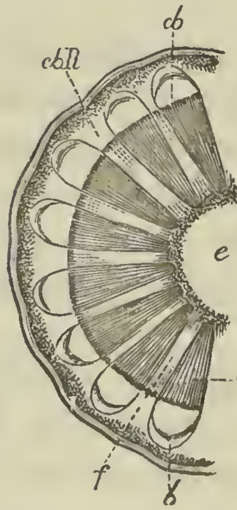


Fig. 15.

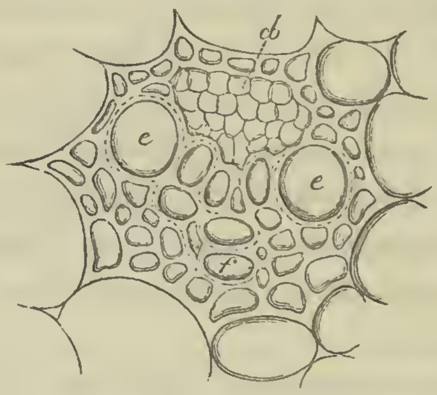


Fig. 14. Theil eines Querschnittes durch einen jungen Zweig von Cocculus laurifolius; *a* Holzkörper der Gefäſsbündel, *a* Basttheil derselben, *cb.* Cambium des Gefäſsbündels, *cb.R.* Verdickungsring, *e* Mark, *f* ursprünglicher (primärer) Markstrahl. (25 mal vergröſsert).

Fig. 15. Querschnitt durch das Gefäſsbündel im Halm des Hafers (Avena); *cb.* Cambium, e weite Gefäſszellen, *f* engere Spiralgefäſse. (200 mal vergr.).

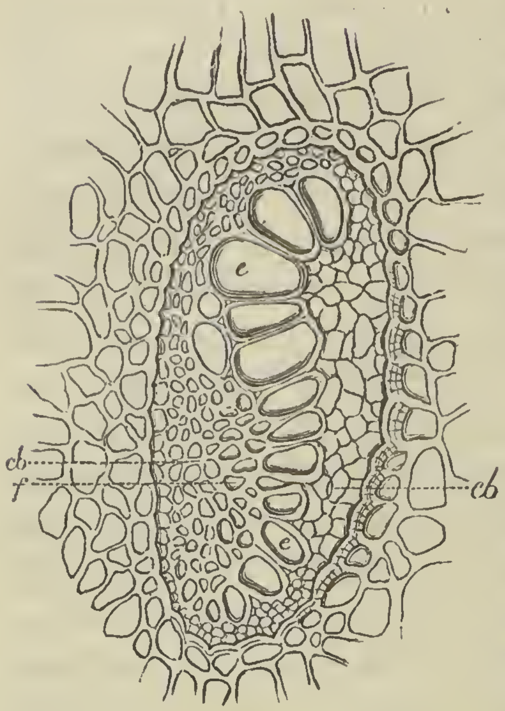
Das geschlossene Gefäfsbündel ist den monocotyledonen Pflanzen und den höheren Kryptogamen eigen, dort sind die Cambiumzellen von verdickten Zellen rings umschlossen (Fig. 15), das Gefäfsbündel kann sich deshalb nicht seinem Umfange nach vergröfsern, es wächst nur an seiner Spitze; indem es sich aber durch Theilung vielfach vermehrt, entstehen zahlreiche Bündel neben einander, welche auf dem Querschnitt als getrennte Gefäfsbündel erscheinen, z. B. das Palmenholz der Schirmstöcke.

Das Wachsthum der Gefäfsbündel im Stamm und in der Wurzel höherer Pflanzen wird noch durch ein auf dem Querschnitt des Stammes ringförmig erscheinendes Gewebe, welches schon in der Axe des Keimes vorhanden ist und dort das Mark von der Rinde scheidet, befördert. Dieser Zellenring oder, vielleicht anschaulicher bezeichnet, Zellencylinder, welcher zunächst der Zellenvermehrung dient, verliert sich oben in den Vegetationskegel (Vegetationspunkt) der Stammspitze, unten dagegen in den Vegetationskegel der Wurzelspitze. Ich bezeichne diese Schicht als C a m b i u m - oder V e r d i c k u n g s r i n g. In diesem Cambiumring entstehen die ersten Gefäfsbündel der Keimaxe, durch ihn wachsen sie sowohl nach der Länge als nach der Breite weiter. Durch diesen Verdickungsring verdickt sich deshalb der Stamm und die Wurzel; wenn derselbe unthätig wird, hört das Dickenwachsthum auf, so bei der Wurzel der Monocotyledonen, wo dessen Thätigkeit frühe erlischt. Die Gefäfsbündel der Monocotyledonen vermehren sich durch Theilung oder Zweigbildung der vorhandenen Bündel, was bei der Keimung besonders sichtbar wird. Als schönes Beispiel hierfür erwähne ich noch des Blüthenstengels von Epipogum Gmelini, dessen Gefäfsbündel gewissermafsen als Zweige aus dem einfachen centralen Cambiumbündel der Wurzel hervorgehen und sich später noch mehrmals verzweigen; ganz dasselbe zeigt der Stengel und der Blüthenstiel von Goodyera repens.

Aufser den nie fehlenden Cambiumzellen findet man im Gefäfsbündel meistens sogenannte Gefäfszellen (reihenartig über einander gestellte Zellen deren Querwände durchbrochen sind und welche Luft führen, siehe Pag. 62) und Holzzellen (siehe Pag. 65). Die Anordnung des dicotyledonen Gefäfsbündels läfst sich nur in der höchsten Spitze eines neuen Triebes oder in der Keimpflanze, wo die neu entstandenen Gefäfsbündel noch getrennt erscheinen, studiren. (Sehr schön bei Viscum, bei Tilia, bei Pinus). Bei den Palmen liegt die Cambiumschicht zwischen den grofsen Gefäfszellen und dem meistens sehr ent-

wickelten Holzkörper; bei den Farrenkräutern umgiebt sie die Gefäfszellen (Fig. 16), wird aber selbst von einem mehr oder weniger stark entwickelten Ring verholzter Zellen umschlossen.

Fig. 16.



Die Gefäfsbündel bilden sich niemals in der Rinde, sie gehen aber vom Stamm aus durch die Rinde in die Zweige und Blätter hinüber; auf einem horizontalen Querschnitt durch die Rinde erscheinen sie deshalb immer schief durchschnitten.

Die Bastbündel sind die in der Rinde gelegenen Theile der dicotyledonen Gefäfsbündel, deren Holztheil innerhalb des Cambiumringes liegt und bei unseren Bäumen den Holzring bildet. Bei den Monocotyledonen, wo diese Trennung der Theile des Gefäfsbündels durch den Verdickungsring nicht erfolgt, lassen sich die Bastzellen von den Holzzellen schwer unterscheiden, man kann hier eigentlich nur von verholzten zugespitzten Zellen des Gefäfsbündels reden. Bei Viscum erscheinen auch im Holzkörper zerstreute Bastzellen. — Bei einigen Palmen finden sich Bastbündel in der Rinde; hier sind alsdann sämmtliche Zellen eines in die Rinde hinüber verlaufenden Gefäfsbündelzweiges als Bastzellen ausgebildet. Ganz ähnliche Bast- oder Holzbündel zeigen sich, wenngleich seltener, auch im Innern des Palmenstammes selbst.

Bei den Apocyneen und den Asclepiadeen finden sich Bastzellen, die einen Milchsaft führen. — Die sogenannten Milchsaftgefäfse der Euphorbiaceen, des Schöllkrautes (Chelidonium), des Mohns (Papaver), der Lactucaarten u. s. w. sind nach meinen Untersuchungen verzweigte Milchsaft führende Bastzellen. Wirkliche Milchsaftgefäfse, welche als ein zusammenhängendes Netzwerk die Theile der Pflanze durchzögen,

Fig. 16. Querschnitt durch ein Gefäfsbündel im Wedel des Adlerfarrens (Pteris aquilina): *cb.* Cambiumzellen, *e* weite Treppengefäfse, *f* enge spiralförmig verdickte Gefäfse. Das Gefäfsbündel wird von stark verdickten und verholzten Zellen umschlossen. (150mal vergröfsert).

und von denen früher viel gefabelt ward, sind, soweit meine Beobachtungen reichen, gar nicht vorhanden.

Da, wo mehrere Zellen an einander stofsen, zeigen sich häufig zwischen diesen Zellen mit Luft, seltener mit einer Flüssigkeit erfüllte Lücken, die sogenannten Intercellularräume; dieselben erscheinen besonders schön auf dem Querschnitt des Blattstiels von Cycas revoluta, sie finden sich aber auch in den meisten parenchymatischen Geweben, z. B. im Mark der Bäume. Diese Intercellulargänge bilden gewissermafsen zusammenhängende, die Zellen umgebende Luftkanäle, die, wie es scheint, in die sogenannten Athemhöhlen, unterhalb der Spaltöffnungen ausmünden. Aufserdem giebt es noch Luftgänge oder Luftkanäle, d. h. gröfsere mit Luft erfüllte Räume, welche einen Pflanzentheil auf längere Strecken durchziehen, und die namentlich in den Blattstielen der Wasserpflanzen, z. B. bei Nymphaea und Victoria sehr ausgeprägt auftreten.

Die Zellen der Pflanze sind ihrer Function und deshalb auch ihrem Inhalt nach sehr verschiedener Art. Die eine Zelle gebraucht andere Stoffe als die andere, die eine Zellenart verarbeitet die aufgenommenen Stoffe anders als die andere. Die ganze Pflanze ist ein sehr zusammengesetzter Organismus, aus ungleichwerthigen Zellen bestehend; indem jede Zelle in bestimmter Weise sowohl für sich als auch für ihre Nachbarzellen sorgt, lebt und wächst die Pflanze nach der für sie nothwendigen Ordnung. Nur durch die sorgfältigste Beachtung des Zellenlebens kann man das Leben der Pflanze überhaupt verstehen lernen.

V.

Ueber die Methode der Untersuchung.

Die Methode der Untersuchung ist für das Resultat derselben überaus wichtig; wenn die Methode richtig ist, so wird auch das Resultat werthvoll sein, wenn dagegen die Methode falsch ist, so kann auch das Resultat der Untersuchung nichts beweisen. Die Methode ist aber richtig, sobald sie der Frage, welche man zu lösen wünscht, sowie dem Gegenstand der letzteren angemessen ist. Für die Methode ist demnach zweierlei nothwendig, 1. eine richtige Art seine Fragen zu stellen und 2. eine richtige Anwendung zweckmäfsiger Mittel zur Lösung der gestellten Fragen. Um richtig fragen zu können, mufs man aber zuvor wissen, weshalb man so und nicht anders fragt und was die Antwort entscheiden soll; um richtige Mittel anwenden zu können, mufs man sowohl die letzten, als auch ihre Wirkung kennen.

Ehe man an die eigentliche Untersuchung geht, ist es darum nothwendig, sich mit dem Gegenstand derselben im allgemeinen bekannt zu machen. Bei noch streitigen Fragen der Wissenschaft wird diese Bekanntschaft allein nicht einmal genügen, hier mufs man auch die verschiedenen Ansichten und die Untersuchungen, auf welche sich dieselben stützen, kennen. Ehe man mit einer wissenschaftlichen Arbeit hervortritt, sollte man überhaupt niemals unterlassen sich, soweit es möglich ist, mit allem was über denselben Gegenstand, zum wenigsten in neuerer Zeit beobachtet ward, vertraut zu machen; man wird auf diese Weise viel weniger leicht etwas übersehen, man wird den Gegenstand selbst vielseitiger auffassen und gründlicher erforschen, man wird die Ansicht, die man sich selbst gebildet hat, um so schärfer prüfen und dadurch ein um so sichereres Resultat

gewinnen und noch obendrein einen geschichtlichen Ueberblick über den Entwickelungsgang der Frage selbst erhalten.

Die grofsen Fortschritte, welche unser Jahrhundert in den Naturwissenschaften bereitet hat, verdanken wir zum gröfsten Theil der durch Induction geleiteten Methode; sie allein kann und wird uns weiter führen. Obschon die Inductionsmethode vom Einzelnen zum Allgemeinen, d. h. vom Theil zum Ganzen übergeht, so möchte ich doch für die mikroskopische Untersuchung eine oberflächliche Kenntnifs des Gegenstandes im allgemeinen voraussetzen; eine genaue Untersuchung der einzelnen Theile des Ganzen wird dann zum Endresultat, zur genauen Kenntnifs des Gegenstandes nach allen Seiten hin führen. Die Untersuchung mufs, mit anderen Worten, mit einer oberflächlichen Kenntnifs des Gegenstandes beginnen, und darauf von dieser zum Einzelnen übergehen, um durch das Einzelne zur genauen Kenntnifs des Gegenstandes in seiner Gesammtheit zu gelangen.

Man wird mir vielleicht einwenden, dafs eine oberflächliche Kenntnifs des Gegenstandes zur Erforschung seiner Theile unnöthig ist; ich glaube schon, dafs man hie und da ohne sie zum Ziel, zur genauen Kenntnifs des Ganzen, gelangen kann, ich mufs jedoch bemerken, dafs man auf diesem Wege weit leichter etwas übersieht oder gar sich täuscht, und überdies mehr Zeit verbraucht. Bei der Entwickelungsgeschichte halte ich es in manchen Fällen für unmöglich, ohne eine oberflächliche Kenntnifs des ganzen fertigen Pflanzentheils zu einer richtigen Erkenntnifs der sich bildenden Theile zu kommen, weil man ohne eine solche Kenntnifs nicht weifs, worauf man zu achten und welche Fragen man zu stellen hat. Ich nenne diese Kenntnifs des fertigen Ganzen, die man sich mit unbewaffnetem Auge oder mit Hülfe einer Lupe erwirbt, eine oberflächliche im Gegensatz zu der genaueren, welche eine allseitige Betrachtung der einzelnen Theile von Aufsen und Innen bei verschiedenen Vergröfserungen verlangt; kennt man auf die letztere Weise die einzelnen Theile und ihr Verhältnifs zu einander, so kennt man natürlich auch das Ganze, und zwar nicht mehr wie anfangs oberflächlich, sondern nunmehr genau, d. h. von Aufsen und von Innen.

Der Gang der Untersuchung, dessen Grundprincip unveränderlich dasselbe bleibt, mufs sich, wie schon erwähnt, nach der Art der Frage und nach der Beschaffenheit des Gegenstandes ver-

schiedentlich modificiren. Die Untersuchung der äufseren Gestalt wird einen anderen Gang wie die Erforschung feiner Strukturverhältnisse nehmen; die Entwiekelungsgeschichte einzelner Pflanzentheile wird wiederum anders als die Entwickelungsgeschichte der Zellen selbst zu führen sein. Oft wird man im Laufe der Untersuchung selbst auf Nebenfragen gelenkt; nicht selten wird auch die Hauptfrage während der Untersuchung wesentlich verändert werden. Die Nebenfragen verlangen in der Regel eine besondere Antwort, man darf durch sie niemals die Hauptfrage aus dem Gesicht verlieren, man mufs sich vielmehr zunächst bemühen, die letztere von den verschiedensten Seiten zu beleuchten, wozu die Nebenfragen häufig Gelegenheit bieten; in diesem Falle darf man sie nicht unberücksichtigt lassen, wo sie dagegen für die Hauptfrage ohne Einflufs sind, ist es oft besser sie vorläufig zu ignoriren. Bei der Untersuchung selbst hat man sorgfältig auf alles, was irgend zur Lösung der Hauptfrage dienen kann, zu achten, man hat alles aufs genaueste zu erwägen und aufs vielseitigste und gewissenhafteste zu prüfen, wird dann aber auch zu einem sicheren Resultat gelangen. Die für die Hauptfrage gleichgültigen Nebenfragen liefern oftmals Stoff zu künftigen Untersuchungen.

Ich halte es aus eigener Erfahrung nicht für rathsam, sich mit mehreren Untersuchungen gleichzeitig zu beschäftigen; eine gründliche Untersuchung fesselt den Geist und die Zeit des Beobachters hinreichend; die Arbeiten werden in der Regel unter einer Theilung leiden. Die Entwickelungsgeschichte macht hier bisweilen eine Ausnahme, indem man nicht selten bei ihr von Woche zu Woche denselben Gegenstand untersuchen mufs, um seine weiteren Entwickelungszustände verfolgen zu können. In solchen Fällen kann man recht gut in der Zwischenzeit noch eine andere Untersuchung ausführen. Dagegen ist es dann unerläfslich, sofort seine Beobachtungen mit dem Datum des Tages versehen, niederzuschreiben, was für die Zeitbestimmung, innerhalb welcher die Ausbildung eines Pflanzentheils erfolgt, oftmals sehr wichtig wird.

Bei der Mannigfaltigkeit der Pflanzen und ihrer Theile wird es kaum möglich sein für alle vorkommenden Fälle einen genauen Untersuchungsgang zu bezeichnen; der erfahrene Beobachter wird sich selbst nach der Eigenthümlichkeit des Gegenstandes einen seiner Frage angemessenen Gang zu bilden wissen, dem minder Erfahrenen will ich

dagegen durch meinen Rath, so gut ich kann, zur Hand gehen. Ich mufs hier die Untersuchung fertiger Pflanzen oder ihrer Theile von der Entwickelungsgeschichte scheiden, und ziehe es vor mit der ersteren, als der leichteren, zu beginnen; beide Abschnitte müssen von zwei Gesichtspunkten, vom morphologischen, d. h. in Bezug auf die äufsere Gestalt, und vom anatomischen, d. h. in Bezug auf den inneren Bau, betrachtet werden.

Wer selbst zeichnet, dem rathe ich bei allen mikroskopischen Untersuchungen jederzeit die Präparate, welche ihm interessant oder wichtig erscheinen, möglichst genau aufs Papier zu bringen und in kurzen Bemerkungen alles das, was sich durch die Zeichnung nicht ausdrücken läfst, hinzuzufügen; man kann in dieser Weise, wie schon oben bemerkt, nicht zu viel aber sehr leicht zu wenig thun. Für morphologische Verhältnisse sind einfache aber genaue Umrisse oftmals durchaus genügend; bei anatomisch-physiologischen Fragen ist dagegen häufig Zelle für Zelle mit ihrem Inhalt aufs genaueste wiederzugeben. Durch eine Reihe solcher Zeichnungen, denen man in schwierigen Fällen aufbewahrte Präparate zugesellt, wird ein Vergleich der verschiedenen Theile einer Pflanze, oder der verschiedenen Entwickelungszustände eines Pflanzentheils, sehr erleichtert, und dadurch das Verständnifs derselben sehr befördert, ja oftmals einzig und allein möglich gemacht.

Ich habe es mir zum Gesetz gemacht, alles was mir wichtig erscheint, sogleich und zwar durchaus genau zu zeichnen; aus einer grofsen Anzahl von Figuren wähle ich dann später diejenigen heraus, welche ich zur Lösung der Frage nothwendig und am geeignetsten erachte. Wenn man, wie ich, mit der Camera lucida zeichnet und überdies einige Uebung in der Führung der Bleifeder und des Pinsels, desgleichen in der Anwendung der Farben besitzt, so wird der geringe Zeitverlust durch den Reichthum treuer Bilder zehnfach ersetzt und das Resultat der Untersuchung durch dieselben ungemein befestigt. Schematische Zeichnungen mufs ich dagegen überall verwerfen, dieselben geben nur ein Bild der Vorstellung des Beobachters, keineswegs aber ein Bild des Gegenstandes selbst; diese Vorstellung ist subjectiv und kann als solche irrig sein, eine getreue Zeichnung ist dagegen von der Vorstellung des Beobachters durchaus unabhängig; aus der Deutung der verschiedenen getreuen Zeichnungen oder vielmehr der ihnen zu Grunde liegenden Präparate, bildet sich

erst dessen Vorstellung; *getreue Bilder* behalten daher, selbst wenn ihre Deutung unrichtig war, *immerhin ihren wissenschaftlichen Werth*. — Wenn man die Entwickelungsgeschichte irgend eines Pflanzentheils verfolgt, ist es zweckmäfsig, neben jeder Figur, die einem Entwickelungszustande entspricht, das Datum, vielleicht als Bruchzahl beizufügen, die Untersuchung selbst gewinnt durch eine genaue Beachtung der Zeitfolge. Für die Untersuchung der Knospe nach ihrer Entstehung und Ausbildung ist die Beachtung der Zeitfolge ganz unerläfslich*).

Aufser der Zeichnung und aufser den Präparaten wird es noch gut sein, alles was wichtig erscheint, ja selbst das minder Wichtige, sogleich zu notiren, da man während der Untersuchung nicht wissen kann, welchen Einflufs oft Kleinigkeiten auf das Resultat derselben ausüben können. Wie man nicht leicht zu viel zeichnen kann, so kann man auch nicht leicht zu viel notiren; bei der Zusammenstellung des Ganzen wird es sich dann zeigen, welche Zeichnung, welche Notiz man benutzen und welche man als unwesentlich unbenutzt lassen kann. Gefährlich ist es dagegen, namentlich bei umfassenderen Untersuchungen, sich auf sein Gedächtnifs zu verlassen; manches wird dadurch übersehen, manches wird ungenau oder gar unrichtig angegeben. Man mufs es sich überhaupt zum Gesetz machen, wenn nicht gleich bei der Untersuchung selbst, so doch jeden Abend dasjenige kurz zu bemerken, was man am Tage beobachtet hat und was zur Ergänzung der Zeichnungen und Präparate dieses Tages dienen kann. Die ganze Schilderung gewinnt dadurch an Frische und man ist noch über Jahr und Tag im Stande, über die kleinsten Verhältnisse die genaueste Auskunft zu geben. Unerläfslich ist die sofortige Angabe der benutzten Vergröfserung über oder neben jeder Figur, am besten als Bruchzahl ($\frac{100}{1}$ = 100mal); in schwierigen Fällen sollte man sogar zur gröfseren Sicherstellung der Beobachtung, das benutzte Objectivsystem und Ocular bemerken, da es, wie ich schon hervorgehoben habe, nicht gleichgültig ist, ob eine Beobachtung bei übrigens gleicher Vergröfserung, mit einem *starken Objectivsystem* und *schwachen Ocular* oder umgekehrt mit einem *schwachen Objectivsystem* und *starken Ocular* angestellt wird; eine Beobachtung

*) Man vergleiche meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse. Ueber die Knospen der Nadelhölzer, p. 182—219.

mit starker Objectiv- und schwacher Ocularvergröfserung wird in vielen Fällen ungleich mehr Gewicht erhalten.

Für die rein morphologische Untersuchung genügen in der Regel schwache Vergröfserungen; man wird hier häufig auffallendes Licht anwenden müssen, das Präpariren wird sich hier in der Regel auf ein Ablösen der Theile beschränken; man wird das einfache Mikroskop und die Nadel zur Ablösung kleiner Theile mehr als das Messer anzuwenden haben. Für die Beobachtung mit auffallendem Licht wird man die pag. 31 und 34 angegebenen Regeln beachten müssen.

Wohl selten wird sich eine Untersuchung mit den äufseren Formen allein begnügen, man wird in der Regel auch den inneren Bau des einen oder anderen Theils zu erforschen suchen, man wird somit die morphologische Untersuchung mit der anatomischen verknüpfen müssen. Für letztere ist das durchfallende Licht ungleich wichtiger; über die Anwendung desselben bitte ich pag. 32 nachzulesen. Hier wird sich das Messer und die geübte Führung desselben besonders geltend machen, die Nadel und das einfache Mikroskop wird nur dazu dienen, dünne Schnitte durch Entfernung störender Theile zu verbessern; die Anwendung der Reagentien (pag. 50) wird hier über die chemische Beschaffenheit der Theile Aufschlufs geben.

Da nun die morphologische Untersuchung mit der anatomischen Hand in Hand geht, so will auch ich beide neben einander behandeln; auch scheint es mir richtiger mit den niederen Pflanzen, als den einfachsten Erzeugnissen des Pflanzenreichs, zu beginnen und von ihnen zur Untersuchung der höher entwickelten Gewächse überzugehen. Aus demselben Grunde möchte ich dem Anfänger rathen, mit den niederen Gewächsen seine Studien anzufangen; die Kleinheit der Theile wird, wenn man erst einige Gewandtheit im Präpariren unter dem einfachen Mikroskop erlangt hat, ein geringes Hindernifs sein. Ich habe mit den Lebermoosen meine Untersuchungen begonnen, und bewahre, vielleicht nur aus diesem Grunde, eine grofse Vorliebe für diese an Formen so reiche, höchst interessante Pflanzengruppe. Bei der Untersuchung der höher organisirten Gewächse wird man schon auf weit gröfsere Schwierigkeiten stofsen, man wird Verhältnisse antreffen, die nur durch eine genaue vielseitige Kenntnifs vom Bau der Pflanzen überhaupt zu enträthseln sind.

Indem ich nunmehr auf den Untersuchungsgang specieller eingehe, trenne ich zunächst die Untersuchung des Entstehens, mit an-

deren Worten die Entwickelungsgeschichte von der Untersuchung der fertigen Gegenstände; mit der letzteren will ich beginnen.

I. Untersuchungsgang für fertige Pflanzengebilde.

Unter den kryptogamischen Gewächsen sind die sogenannten Zellenpflanzen, d. h. diejenigen wo noch keine deutlich entwickelte Gefäfsbündel auftreten (Pilze, Algen, Flechten, Charen, Laub- und Lebermoose) die einfachsten. Bei den 3 ersten Gruppen sind, trotz des grofsen Formenreichthums einzelner Abtheilungen derselben, noch keine Unterschiede in Stamm und Blätter wissenschaftlich zu begründen, erst bei den Laub- und Lebermoosen sind wirkliche Blätter, d. h. aus vielen Zellen bestehende Organe, die einem anderen Entwickelungsprincip als der Stengel folgen, vorhanden.

Bei den niedrigsten Pilzen, den Fadenpilzen, wohin die Schimmelarten gehören, und ebenso bei den niedrigsten Algen, den Conferven, die nur aus Zellenfäden bestehen, ist gar kein eigentliches Präpariren nöthig, es genügt hier die durch einander geschlungenen Fäden unterm einfachen Mikroskop mit der Nadel zu entwirren und sie allenfalls durch Abspülen mit Wasser von anhängendem Schmutz zu reinigen. Man hat hier vor allem auf die Beschaffenheit der Zellen, sowohl ihrer Wandungen wie ihres Inhalts zu achten; die Anwendung von Jodlösung und von Jod und Schwefelsäure wird oftmals zu empfehlen sein. Auch den Bau der Charen wird man ohne eigentliche Präparation ziemlich genau studiren können; dieselben sind häufig mit kohlensaurem Kalk inkrustirt, man entfernt denselben durch sehr verdünnte Salzsäure. Die Zellenbildung durch Theilung beobachtet man bei einigen Algen, so bei Chladophora und Conferva besonders schön; die Anwendung chemischer Reagentien ist auch hier namentlich von grofser Bedeutung. (Man sehe weiter hinten bei der Entwickelungsgeschichte der Zelle).

Bei den schon mehr entwickelten Pilzen, z. B. den Hut- und Becherpilzen, desgleichen bei den höheren Algen, z. B. den Fucusarten, und ebenso bei allen Flechten, ist für die anatomische Untersuchung ein dünner Schnitt durch verschiedene Theile der Pflanze und in verschiedenen, aber bestimmten Richtungen geführt, nothwendig. Trockene Fucusarten und Flechten erweichen sehr gut durch

mehrstündiges Liegen in kaltem Wasser; man führt den Schnitt entweder aus freier Hand oder zwischen Kork. Für die Untersuchung der Pilze wird man dagegen nur frische Exemplare benutzen können. Wo es überhaupt möglich ist frische Pflanzen zu erhalten, sollte man niemals trockene Exemplare zur Untersuchung verwenden; für die Entwickelungsgeschichte sind überall nur frische Pflanzen zulässig.

Bei den Hut- und Becherpilzen hat man die Sporenbildung an der unteren Seite des Hutes zu suchen, sie erscheint dort in Form sogenannter Tetraden, d. h. als stielartige Ausdehnungen des äufsersten Endes der Sporenzellen; in jeder Ausdehnung bildet sich eine Spore, die durch Abschnürung des Stielchens frei wird. In der Regel trägt jede Sporenzelle (Basidium) 4 solcher gestielten Sporen, doch kommen bei gewissen Gattungen auch Sporenzellen mit 2 und mit 1 Spore vor (Calocera viscosa) (Fig. 17).

Die Sporen der höheren Algen liegen theils auf der Oberfläche, theils in Höhlungen des Laubes, bisweilen in eigenen Fruchtästen (Carpoclonia Kütz.). Da sich bei Fucus die Früchte an der Spitze des Laubes entwickeln, so hat man sie durch auf einander folgende

Fig. 17.

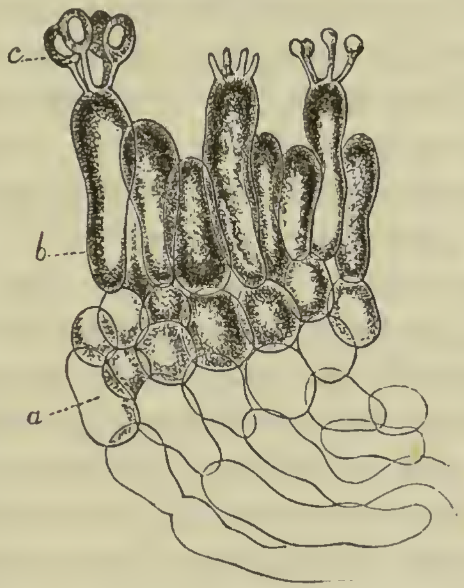


Fig. 18.

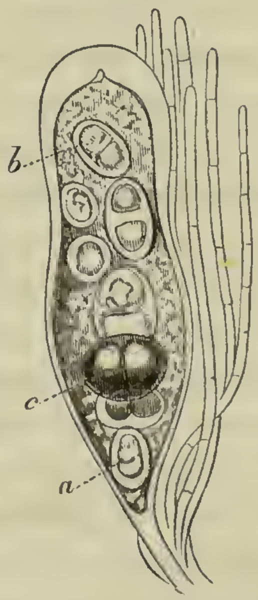


Fig. 17. Partie eines Längsschnittes durch die Fruchtlamelle des Fliegenschwammes (Amanita muscaria); *a* Uebergang des fadenförmigen Pilzgewebes in runde Zellen, *b* ein Sporenschlauch (Basidia), *c* vier Sporen kurz vor der Ablösung von ihrem Sporenschlauch. (400 mal vergröfsert).

Fig. 18. Der Sporenschlauch einer Flechte (Borrera ciliaris) von Saftfäden umgeben; *a b* u. *c* Sporen in verschiedener Entwickelung (400 mal vergröfsert) im Innern des Sporenschlauchs.

von der Spitze ab beginnende Querschnitte, desgleichen auf Längsschnitten durch die Mitte der Laubspitzen, zu suchen.

Bei den Flechten findet man die Sporen an bestimmten Stellen des Laubes, die meistens als Schlüssel oder Becher auftreten, in besonderen Schläuchen (Asci) (Fig. 18), von sogenannten Saftfäden (Paraphysen) umstellt. Ich empfehle für die Untersuchung Borrera ciliaris und Peltigera canina oder P. venosa. Für die Entwickelung des Sporen sind hier wie überall nur frische Exemplare brauchbar; eine schwache Jodlösung färbt die Sporenschläuche und Saftfäden mehr oder minder blau. Flechten und Pilze lassen sich anatomisch nicht scharf unterscheiden, weil wir viele Pilze kennen, welche gleich den Flechten ihre Sporen im Innern sogenannter Sporenschläuche (Asci) entwickeln, z. B. die Trüffel (Tuber cibarium), die Morchel (Helvella und Morchella, desgleichen Peziza).

Das Gewebe der höheren Pilze, sowie des Laubes der Flechten besteht aus vielfach verschlungenen, aus Zellen gebildeten Fäden; selbst die sogenannte kugelige Zellenschicht unter dem Fruchtlager der Flechten wird nach meinen genauen Untersuchungen an Borrera und Peltigera, desgleichen bei Caloeera viscosa, aus dem genannten Filzgewebe, dessen Zellen hier nur kürzer und noch mehr verschlungen sind, gebildet. Die Sporenzellen (asci und basidia) sind demnach die Endglieder dieses Gewebes. — Nicht überall, aber in manchen Fällen gelingt es, auf dünnen Schnitten, die in Wasser gekocht, oder mit Kali behandelt sind, diese Zellenfäden auseinander zu legen und ihren Zusammenhang unter einander genau kennen zu lernen*).

Das Gewebe der Pilze färbt sich durch Jod und Schwefelsäure in der Regel nicht blau. Der Pilz auf dem Kartoffelkraut (Peronospora infestans) und einige andere werden im jugendlichen Zustande blau gefärbt. Bei den Fucusarten ist die Form und die Anordnung der Zellen nach der Pflanzenart sehr verschieden. Da hier auch langgestreckte Zellen vorkommen, so ist aufser einem Querschnitt durch das Laub ebenfalls ein Längsschnitt durch die Mitte desselben unerläfslich. Einen überaus zierlichen Bau besitzt die Gattung Caulerpa, wo jede Pflanze, obschon sie aus einer einzigen Zelle besteht, was die Gestalt anbetrifft, Stamm, Blätter und Wurzeln unterscheiden läfst. Die stark verdickte Wand solcher Zelle schickt viel-

*) Man vergleiche meine Pflanzenzelle p. 140. Taf. I. Fig. 7, 8, 10 u. 11.

fach verzweigte, aus Zellstoff bestehende Fäden, welche ohne Regel auf einander treffen, pfeilerartig ins Innere der Zelle. — Eine ähnliche Bildung findet man in der vorderen Aussackung des Embryosacks am halbreifen Samen von Pedicularis silvatica*). Hier sind zarte Längsschnitte und Querschnitte nothwendig. Die Reagentien, namentlich Jod und Chlorzink-Jodlösung, auch Jod und Schwefelsäure sind aufserdem nicht zu versäumen.

Die sogenannten Antheridien der Florideen und Fucaceen (Abtheilungen der höheren Algen) möchten, wie es scheint, mit den wirklichen Antheridien der höheren Kryptogamen, welche bewegliche Spiralfäden (Schwärmfäden) entwickeln, zu vergleichen sein; es sind gröfsere Zellen, aus denen zur Zeit der Reife zahlreiche, sehr kleine runde oder längliche Zellen hervortreten, welche bei den Florideen, nach Thuret, unbeweglich und ohne Wimper, dagegen bei den Fucaceen beweglich und mit einer langen schwingenden und einer kürzeren ruhenden Wimper versehen sind. — Aehnliche Bildungen bei den Flechten wurden von Itzigsohn ebenfalls Antheridien genannt; die Schwärmfäden, welche Itzigsohn hier zu sehen glaubte, sind jedoch durch Fäulnifs hinzugekommene fremde Wesen**), wahrscheinlich Vibrionen. Dagegen hat Tulasne und de Bary bei einigen Flechten und Pilzen aufser den gewöhnlichen Sporen noch kleinere Zellen, die an bestimmten Orten und in bestimmter Weise ausgebildet werden, nachgewiesen. Diese kleinen Zellen, deren Bedeutung man bis jetzt nicht kennt, sind vielleicht als eine zweite Sporenart, wie solche namentlich bei niederen Pilzen häufig vorkommt, zu betrachten.

Die kleinen Zellen der Algen-Antheridien sollen nach Thuret zur Keimung der grofsen eigentlichen Sporenzellen nothwendig sein; wenn beide mit einander in Berührung kommen, keimen die letzteren. Pringsheim hat ganz neuerlich diese Beobachtung bestätigt.

Die niedrigsten Pilze und Algen sind durch die verschiedenen Formen, unter welchen sie nach der Oertlichkeit und Lebensweise auftreten können, ausgezeichnet; um eine derartige Pflanze richtig zu bestimmen, müfste man deshalb billigerweise alle ihre Lebensphasen kennen.

Bei den Charen, desgleichen bei den folgenden Gruppen der Krypto-

*) Meine Pflanzenzelle, p. 158. Taf. VI. Fig. 1—4 u. 8.

**) Meine Pflanzenzelle, p. 120.

gamen sind wirkliche Antheridien bekannt; doch erscheinen sie bei den höher entwickelten Gruppen, z. B. den Equisetaceen und Farrenkräutern, nicht mehr an der ausgebildeten Pflanze selbst, wohl aber am Vorkeim. Bei den Charen ist die Antheridie viel complicirter gebaut als bei allen übrigen Kryptogamen; die Zellen, in denen sich der Spiralfaden entwickelt, sind hier zu langen Fäden vereinigt, während sie in den Antheridien aller übrigen Kryptogamen getrennt erscheinen. Auch die Sporen der Charen unterscheiden sich durch Stellung und Bau von den Sporen aller anderen Kryptogamen. Eine einzige groſse Zelle, die eigentliche Spore, wird von einer aus 5 Zellen gebildeten Hülle, welche dem Keimorgan (Archegonium) der übrigen Kryptogamen entspricht, umschlossen.

In den Zellen des Stengels der Charen ist die Bewegung des Protoplasma oftmals sehr gut zu beobachten; für diesen Zweck sind die Nitellaarten am günstigsten; es sind dazu ganz *frische*, *lebenskräftige* Exemplare bei *warmer Witterung* einzusammeln und möglichst *frisch* zu verwenden. Auch sollte man nicht unterlassen, die Einwirkung der verdünnten Zuckerlösung u. s. w. auf die Bewegung zu studiren.

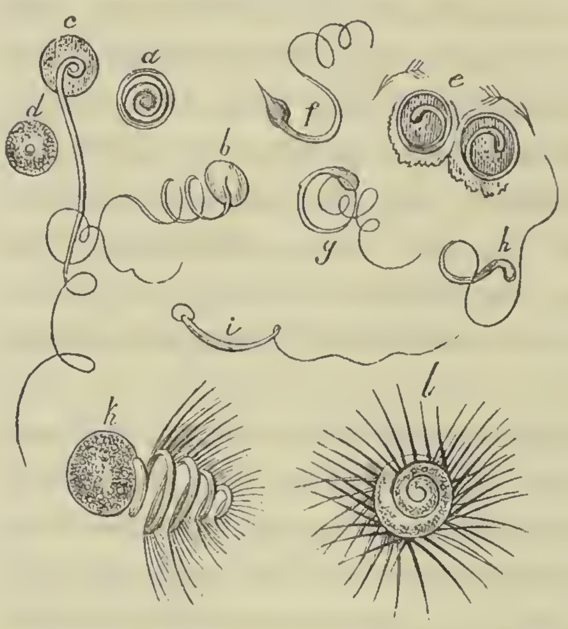
Bei den Laub- und Lebermoosen tritt uns Stengel und Blatt deutlich entgegen; beide Theile sind hier besonders zu betrachten. Die Blätter der Lebermoose bestehen immer nur aus *einer* Zellenlage, ihnen fehlt jederzeit der Mittelnerv, welcher die Blätter der Laubmoose charakterisirt. Für die Blätter beider wird in den meisten Fällen eine Betrachtung von oben genügen, nicht so für den Stengel; von ihm erhält man mit einiger Ausdauer aus freier Hand oder zwischen Kork gute Längs- und Querschnitte; auch für die Blätter ist es keineswegs unmöglich, auf diese Weise zarte Querschnitte darzustellen. Im Stengel von Cinclidium stygium und ebenso im laubigen Stengel von Diplolaena Lyellii wird man auf diese Weise die ersten Andeutungen eines centralen Gefäſsbündels, aus langgestreckten engen Zellen bestehend, finden; bei Sphagnum ist dagegen ein concentrischer, aus langgestreckten, verdickten, braungefärbten Zellen bestehender Ring, welcher gewissermaſsen Mark und Rinde scheidet und den groſse durchlöcherte Zellen (die Rinde) umkleiden, vorhanden; bei Plagiochila und wie ich glaube bei allen beblätterten Lebermoosen, desgleichen bei vielen Laubmoosen sind die Zellen des Stengelumkreises verdickt, es fehlt dafür jegliche Andeutung der Gefäſsbündel. Der ganze Bau dieser Pflänz-

chen ist schon viel complicirter, als bei den vorhin genannten Gruppen; dies zeigt sich namentlich im Bau der Fortpflanzungsorgane. Man findet hier Pistille d. h. Organe, in denen sich die junge Frucht entwickelt, und meistens Hüllblätter, welche dieselben umgeben. Die morphologischen Verhältnisse, d. h. die Form und die Stellung der Blätter zum Stengel, sowie der Hüllblätter und des Kelches der Lebermoose zur Frucht, läfst sich am besten unter dem einfachen Mikroskop, oder mit Hülfe der Lupe auf dem Stativ desselben, studiren. Die gekrümmte oder messerartig geschliffene Nadel leistet hier zum Ablösen der einzelnen Theile gute Dienste. Bei der reifen Frucht hat man auf den Bau ihrer Wandung, sowie auf deren Inhalt zu achten. Zarte Längsschnitte und Querschnitte durch die halbreife Frucht der Laubmoose geben über den Bau derselben, über ihren Mündungsbesatz (Peristom), ihr Deckelchen u. s. w. schöne Aufschlüsse. Die reifen Sporen sind wie der Pollen trocken, unter Wasser, unter Citronenöl und unter concentrirter Schwefelsäure zu betrachten. Auch ist es nicht unmöglich, durch Behandlung mit Gummischleim (p. 42) zarte Querschnitte der gröfseren Sporenarten zu erhalten. Bei den sogenannten Schleuderern der Lebermoose ist die Art ihres Zusammenhanges mit der Fruchtkapsel und die Anordnung des einfachen oder doppelten Spiralbandes in der zartwandigen, und deshalb früher häufig übersehenen, Zelle zu beachten.

Laub- und Lebermoose besitzen Antheridien; man hat auf deren Stellung an der Pflanze, auf ihr Vorkommen mit den Pistillen auf einer Pflanze oder auf getrennten Pflanzen, auf die Zeit ihres Vorkommens, auf ihre Gestalt, ob länglich oder rund, ob lang- oder kurzgestielt, und endlich auf ihren Bau, ob mit einer einfachen (bei den meisten Laub- und Lebermoosen) oder mit einer doppelten Aufsenschicht (Haplomitrium, Plagiochila), zu achten. Wenn die Antheridie reif ist, so platzt sie meistens von selbst, oft nach kurzer, oft nach längerer Zeit, (5 bis 15 Minuten) im Wasser des Objectträgers. Bei Polytrichum, dessen Antheridien im Frühjahr reifen, braucht man nur ein frisches männliches Köpfchen sanft zwischen den Fingern zu drücken; sobald eine milchartige Flüssigkeit aus dem Schüsselchen hervorquillt, sind bewegliche Schwärmfäden vorhanden. Ein Minimum dieser Flüssigkeit in einem Wassertropfen auf den Objectträger gebracht, zeigt unterm Mikroskop (200 — 400mal) die Bewegung vortrefflich. Die meisten Lebermoose reifen ihre Antheridien gleichfalls

im Frühjahr; Haplomitrium bringt zweimal, im Frühjahr und im Herbst sowohl Pistille als Antheridien. Um die Spiralfäden genau zu sehen, wird eine starke Objectivvergröfserung mit dem schwächsten Ocular am geeignetsten sein; ein Zusatz von Jodlösung hemmt augenblicklich jede Bewegung, man erkennt die Gestalt des Fadens oftmals so am besten. Auch ein langsames Eintrocknen der im Wasser vertheilten Schwärmfäden auf der Objectplatte ist hier zu empfehlen. Man läfst die Schwärmfäden, mit einem zarten Deckglase oder mit einem Glimmerblättchen bedeckt, ruhig liegen, und betrachtet sie wieder, sobald die Flüssigkeit verdunstet ist. Der eigentliche Bewegungsfaden, welcher bei Polytrichum, Sphagnum, Pellia, Plagiochila, Haplomitrium u. s. w. einfach und einer langen Peitschenschnur vergleichbar ist, wird jetzt sehr deutlich sichtbar (Fig. 19). — Man hat zunächst auf die Zahl der dickeren Windungen des Schwärmfadens und auf die zarte Verlängerung desselben zu achten. Nach Thuret sollen 2 schwingende Fäden vorhanden sein; ich finde, wenn der Faden so liegt, dafs man die Uebergangsstelle des schnurförmigen Theiles in den dickeren Theil deutlich vor sich hat, immer nur eine Wimper. Die eingetrockneten Schwärmfäden der Kryptogamen lassen sich Jahre lang aufbewahren; man bestreicht die Deckplatte an den Rändern mit etwas Gummischleim.

Fig. 19.



Bei den Lycopodiaceen, Equisetaceen und Pterideen sind Stamm

Fig. 19. Schwärmfäden einiger höheren Kryptogamen; *a* bis *d* von Pellia epiphylla (Lebermoos), *a* der aufgerollte Faden innerhalb seiner Zelle, *b* der Schwärmfaden in Bewegung, *c* derselbe durch Jodzusatz zur Ruhe gebracht, *d* die scheibenförmig zusammengesunkene Zelle, welche sich bisweilen von dem Schwärmfaden trennt; *e* bis *i* von Polytrichum commune (Laubmoos), *e* der Faden dreht sich innerhalb seiner Zelle um seine Achse, *f* u. *g* der freie Schwärmfaden, dessen Zelle zerflossen ist, *h* u. *i* der Faden als getrocknetes Präparat, *k* u. *l* von Pteris serrulata (Farrenkraut) von der Seite und von Oben gesehen. Der Faden schleppt seine Zelle als zarte Blase nach. (400 mal vergröfsert).

und Blätter (mit entwickelten Spaltöffnungen) sowie die Fruchtorgane besonders zu untersuchen. Für Stengel und Blatt ist die Anordnung der Theile des Gefäfsbündels wichtig; die Richtung der Längsschnitte mufs sich deshalb nach der Anordnung dieser Theile, die man aus einem Querschnitt kennen lernt, richten. Es wird aufserdem sehr wichtig sein, den Verlauf der Gefäfsbündel und namentlich das Entstehen neuer Bündel und deren Zusammenhang mit den bereits vorhandenen genau zu verfolgen.

Bei den 3 zuletzt genannten Gruppen sind an der fertigen Pflanze niemals Antheridien gefunden, für den Vorkeim der Equisetaceen und Pterideen sind sie dagegen unzweifelhaft nachgewiesen. Bei Isoëtes und Selaginella (Lycopodiaceae), desgleichen bei den Rhizocarpeen sind selbige nach Mettenius und Hofmeister ebenfalls vorhanden, doch sind sie dort etwas anders gebaut, auch ist die Keimung der Lycopodiaceen und Rhizocarpeen von der Keimung der Pterideen und Equisetaceen wesentlich verschieden.

Das Vorkommen der Antheridien am Vorkeim liefs gleichzeitig auf die Gegenwart von Pistillen (oder wie ich es für diese Gruppen richtiger zu bezeichnen glaube, Keimorganen) am Vorkeim schliefsen. Wo an der fertigen Pflanze Antheridien bekannt sind, kennt man nämlich auch Pistille (Laub- und Lebermoose); bei den Farrenkräutern, den Equisetaceen, den Lycopodiaceen und Rhizocarpeen sind jetzt die Analoga der Pistille, die Keimorgane bereits nachgewiesen. Auch die sogenannte Spore der Charen ist, wie ich glaube, mehr einem Keimorgan vergleichbar, in dessen Innern sich der Keim ausbildet. Das Verhältnifs der Antheridien und namentlich ihres Inhaltes zum Pistill oder zum Keimorgan ist übrigens noch bei keiner Gruppe vollständig aufgeklärt. — Um die Keimorgane (Archegonia nach Hofmeister) zu sehen, macht man am besten Querschnitte durch den Vorkeim zwischen Kork*).

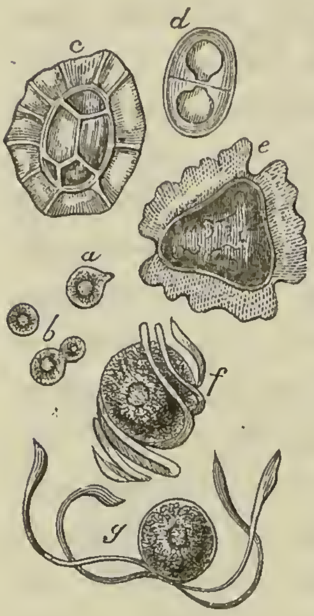
Die Schwärmfäden der Farrenkräuter (Fig. 19. p. 86) und der Equisetaceen erscheinen als schraubenförmig gewundene Bänder, welche entweder über ihre ganze Länge oder nur für bestimmte Windungen mit schwingenden Wimpern besetzt sind. Die Schwärmfäden der Lycopodiaceen und der Rhizocarpeen sind dagegen nach Hofmeister, mit

*) Für das Nähere vergleiche man die Arbeiten von Hofmeister, Mettenius, Milde, desgleichen meinen Aufsatz in der Linnaea 1849, p. 751.

Ausnahme von Isoëtes, nicht bewimpert; sie gleichen denen der Laub- und Lebermoose. Ein allmäliges Austrocknen auf der Objectplatte ist auch hier zu empfehlen.

Bei den Lycopodiaceen sucht man die Früchte in den Achseln der Blätter, häufig auf besonderen Fruchtzweigen, bei den Equisetaceen sind sie dagegen an der Unterseite eigener Schuppenblätter, den Antheren der Cupressineen ähnlich, in Aehren zusammengestellt. Die Farrenkräuter besitzen entweder gestielte, gesellig in Häufchen neben einander, meist an der Unterseite der Blätter vorkommende, zur Zeit der Reife aufspringende Sporenbehälter von zierlichem Bau (Pteris, Aspidium u. s. w.), oder die Sporen entwickeln sich, wie bei Botrychium und Osmunda, in einer ungestielten lederartigen Kapsel an besonderen Fruchtwedeln. (Fig. 20). Sowohl für die Sporen im allgemeinen als insbesondere für die Untersuchung der Sporen und Sporenfrüchte der letztgenannten Gruppen empfehle ich die Anwendung der concentrirten Schwefelsäure; man erkennt durch selbige die Zahl und die Beschaffenheit der Sporenhäute. Bei den grofsen Sporen kann man aufserdem durch Behandlung mit Gummischleim, in der p. 42 beschriebenen Weise, Querschnitte erhalten.

Fig. 20.



Bei den Rhizocarpeen, die nach den neueren Untersuchungen von Mettenius und Hofmeister entschieden den Kryptogamen angehören, treten aufser Blatt und Stengel auch, wie in den vorhergehenden Gruppen, deutliche Gefäfsbündel auf. Die Sporen und die Antheridien erscheinen an der entwickelten Pflanze entweder getrennt oder gemeinschaftlich in besonderen Hüllorganen. Bei Salvinia und bei Pilularia erhält man zwischen Kork sehr gute Quer- und Längsschnitte des Stengels und der Blätter; die Sporen- und Antheridienhülle mufs man dagegen aus freier Hand durchschneiden, dasselbe gilt von der Spore, die auf den Zeigefinger gelegt mit dem Rasirmesser ganz so behandelt wird, wie ich es später bei der Samenknospe beschreiben werde.

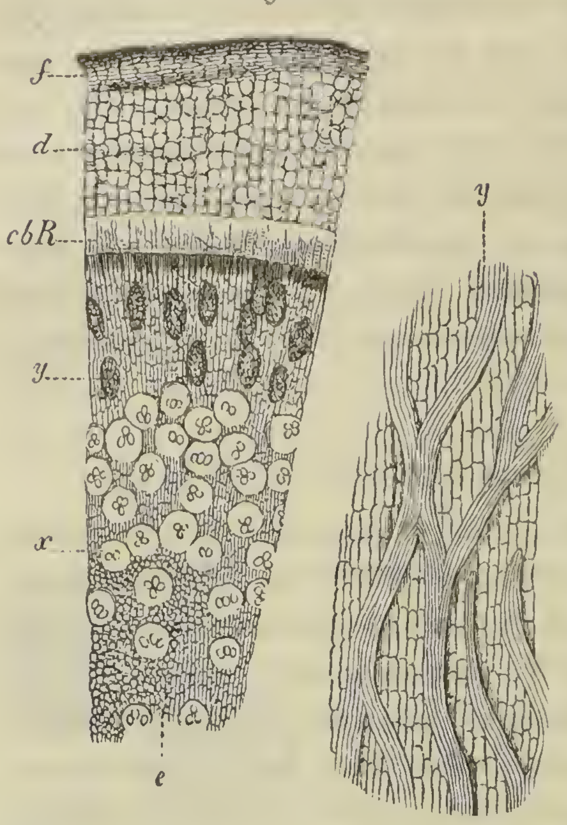
Fig. 20. Sporen verschiedener Kryptogamen; *a* vom Fliegenschwamm, *b* der Gährungspilz des obergährigen Bieres, *c* die Spore der Trüffel, *d* die Spore von Borrera ciliaris, *e* von Pteris aquilina, *f* u. *g* von Equisetum.

Bei den Phanerogamen hat man Stamm (Stamm, Stengel oder Zweig), Wurzel und Blatt wohl zu unterscheiden und auf besondere Weise zu untersuchen; auch bei den Gefäfs-Kryptogamen sind diese drei wesentlichsten Theile von einander zu trennen. Bei den Algen, Pilzen, Flechten und Charen ist es, wie schon oben bemerkt, anatomisch nicht gerechtfertigt, diese 3 Theile unterscheiden zu wollen. Bei den Laub- und Lebermoosen sind allerdings Stamm und Blatt vorhanden, doch fehlt die eigentliche Wurzel, welche bei den Farrenkräutern, Schachtelhalmen, Lycopodiaceen und bei den Rhizocarpeen vorhanden ist.

Untersuchung des Stammes und der Wurzel.

Beim kryptogamen und beim monocotyledonen Stamm hat man zunächst auf die Anordnung der Theile des Gefäfsbündels und auf die Stellung der Gefäfsbündel zu einander zu achten, wozu ein recht zarter Querschnitt nöthig ist. Hat man sich durch selbigen über die Vertheilung der sogenannten getrennten und geschlossenen Gefäfsbündel und über die Stellung der wesentlichen Theile des Gefäfsbündels zu einander selbst orientirt, so macht man darauf dünne Längsschnitte in verschiedenen aber bestimmten Richtungen durch das Gefäfsbündel, um über die Beschaffenheit seiner Elemente ins Klare zu kommen. Man achtet hier zunächst auf die Cambiumzellen des Gefäfsbündels, dann auf die Beschaffenheit der Gefäfszellen und endlich auf die verholzten Zellen jedes Bündels. Man sieht ferner beim monocotyledonen Stamme darauf, ob sich, wie bei den Palmen, eine Art Rinde unterscheiden läfst; ist dies der Fall, so richtet man sein ganz besonderes Augenmerk auf das Parenchym zwischen den Gefäfsbündeln, ob sich in der Beschaffenheit seiner Zellen eine gewisse Grenze zwischen dieser Rinde und dem eigentlichen Holzkörper wahrnehmen läfst; für eine solche Untersuchung können jedoch nur frische Exemplare dienen. Das kryptogame Gefäfsbündel unterscheidet sich im allgemeinen vom monocotyledonen Gefäfsbündel durch die Lage der Gefäfse in der Mitte des Bündels (Fig. 16. p. 72) (bei den Farrenkräutern, Lycopodiaceen, Rhizocarpeen u. s. w.), das Cambium umgiebt dieselben. Das monocotyledone Gefäfsbündel hat dagegen jederzeit sein Cambium in der Mitte (Fig. 15. p. 70), Gefäfse und verholzte Zellen umgeben dasselbe. Bei den Palmen liegt meist eine Gruppe stark verholzter Zellen der Rinde zugewendet; selbige möchte dem Bastkörper des dicotyledonen Ge-

Fig. 21.



fäfsbündels vergleichbar sein (Fig. 14. p. 70). Für die auf dem Querschnitt in gewissen Höhen allerdings getrennten (zerstreuten) Gefäfsbündel von Epipogum Gmelini und Goodyera repens kann ich mit Sicherheit eine Verzweigung, ja ein Hervorgehen sämmtlicher Gefäfsbündel durch successive Theilung aus einem einzigen centralen Gefäfsbündel des Rhizoms nachweisen. Bei einigen von mir frisch untersuchten Palmen (Rhapis flabelliformis) fand ich ebenfalls unterhalb der Axenspitze eine Theilung der Gefäfsbündel. Im Embryon des Dattelkernes verzweigen sich gleichfalls die Gefäfsbündel der Samenlappen; unterhalb der Terminalknospe liegt der gemeinsame Bildungsheerd für die Gefäfsbündel. Ein genaues Studium des Gefäfsbündelverlaufs der Monocotyledonen ist überhaupt für die Wissenschaft sehr wünschenswerth; man wird hierzu mehrere Wege befolgen können, man wird nämlich 1. durch Fäulnifs die Gefäfsbündel, wenn sie durch zartwandiges Parenchym getrennt sind, freilegen können; wo sie dagegen von Holzparenchym umgeben werden, wird man 2. mit einem scharfen und spitzen Scalpel oder Federmesser das Holzparenchym sorgfältig entfernen und den Lauf eines einzelnen oder mehrerer Gefäfsbündel verfolgen müssen; 3. wird man sich durch Querschnitte in verschiedenen Höhen und zwar von der Wurzel, oder überhaupt von unten her in die Höhe steigend, von der Vermehrung und veränderten Stellung der Gefäfsbündel überzeugen (Fig. 21), und dann durch Längsschnitte in entsprechender Richtung die Weise dieser Vermehrung der

Fig. 21. Quer- und Längsschnitt durch den Stamm von Dracaea; *f* die Korkschicht, *d* Rindenparenchym, *cbR.* Cambiumring, *y* Gefäfsbündel, welche entstanden sind, nachdem das Längswachsthum des Stammes aufgehört hatte, *x* früher entstandene Gefäfsbündel. (20mal vergr.).

Gefäfsbündel aufzusuchen haben; 4. und ganz besonders ist eine genaue Untersuchung des Gefäfsbündelverlaufs im Embryon des reifen Samens und bei der Keimung desselben sehr zu empfehlen. — Ich habe alle 4 Wege benutzt. Das Isoliren durch Fäulnifs führt leicht zu Täuschungen, da die jungen noch nicht verholzten Gefäfsbündel mit dem Parenchym verwesen, während nur die älteren, bereits verholzten, zurückbleiben; man wird deshalb hier bisweilen getrennte Theile finden, zwischen welchen während des Lebens der Pflanze ein Zusammenhang bestand. Der zweite Weg mit dem dritten verbunden liefert ungleich bessere Resultate. Der vierte Weg mit dem dritten verbunden, besiegt endlich alle noch etwa möglichen Zweifel über den Zusammenhang der Gefäfsbündel innerhalb der Pflanze. Die Gefäfsbündel der Pflanzen stehen demnach mit einander im Zusammenhang, nirgends bildet sich unabhängig ein neues Gefäfsbündel, sondern ein solches entsteht immer, auch bei den Kryptogamen und Monocotyledonen, durch Fortbildung und gleichzeitige Theilung eines bereits vorhandenen Bündels. Die Gefäfsbündel der Monocotyledonen erscheinen nur auf dem Querschnitt getrennt, Längsschnitte liefern dagegen über ihren Zusammenhang unter einander unzweifelhafte Beweise (Fig. 21).

Auch die Oberhaut des monocotyledonen Stammes ist zu beachten; bei einigen Palmen und bei Dracaena zeigt sich eine, unter ihr entstandene, mehr oder weniger entwickelte Korkschicht.

Die Wurzeln der Monocotyledonen haben, soviel mir bekannt ist, sämmtlich ein einziges centrales Gefäfsbündel, oder richtiger einen Gefäfsbündelkranz, der z. B. bei der Rad. sarsaparillae, bei den Wurzeln der Palmen u. s. w. durch eine Reihe sehr verdickter, meistens sehr enger Zellen von der Aufsenschicht, die man hier wohl Rinde nennen könnte, getrennt ist. In der Anordnung der Theile dieses centralen Gefäfsbündels erkennt man jedoch bisweilen sehr deutlich, und zwar durch die getrennten Cambiumgruppen im Rhizom und in den Nebenwurzeln von Cephalanthera, Epipactis u. s. w. die einzelnen Gefäfsbündel, welche hier den Gefäfsbündelkranz zusammensetzen*). Selbst das centrale Cambiumbündel im Rhizom von Epipogum wird vielleicht richtiger als ein Kranz unentwickelter Gefäfsbündel (Cambiumbündel) aufgefafst. Die Wurzel ist nach Aufsen mit einer Oberhaut,

*) Meine Pflanzenzelle Taf. XV. Fig. 12 u. 13.

die niemals Spaltöffnungen besitzt, dagegen häufig lange Wurzelhaare ausschickt, bekleidet. Die Untersuchung wird wie beim Stamme ausgeführt.

Die Wurzelspitze ist, wie bei allen Wurzeln, auch hier mit einer Wurzelhaube, d. h. mit einer Hülle abgestorbener Zellen, welche mit der in der Fortbildung begriffenen Spitze in direktem Zusammenhang steht, bekleidet. Der Längsschnitt mufs genau die Mitte der Wurzelspitze treffen, er mufs gleichfalls äufserst zart sein, um über den Bau der Wurzelhaube und ihren Zusammenhang mit dem Vegetationskegel der Wurzelspitze ins Klare zu kommen. Am reifen Keim der Nadelhölzer, wie überhaupt an der Wurzel dieser Bäume ist die Wurzelhaube vorzugsweise ausgebildet, bei einigen Pflanzen ist sie dagegen ungleich schwächer entwickelt.

Beim dicotyledonen Stamm ist der Querschnitt ebenfalls zuerst anzufertigen; man erhält ihn mit Hülfe eines sehr scharfen Rasirmessers aus freier Hand oder, wenn das Stück zu klein ist, zwischen Kork auf die oben (p. 24) angegebene Weise. Der Querschnitt mufs sehr zart sein; man hat zunächst auf die Anordnung der Theile des Stammes und zwar von Innen nach Aufsen zu sehen, und hier 4 Theile genau zu unterscheiden; 1. das Mark, 2. das Holz, 3. das Cambium, 4. die Rinde. Für das Mark hat man auf die Gröfse und Form desselben, (bei einigen tropischen Schlingpflanzen, desgleichen im Stamm und in den Zweigen der Eiche, der Kastanie u. s. w. hat dasselbe keine runde, sondern eine eckige Gestalt); auf die Beschaffenheit der Zellen; auf den Uebergang der Markzellen zu den Holzzellen, (der sogenannten Markkrone oder Markscheide u. s. w.) und endlich auf den Inhalt der Markzellen zu achten. Für den Holzring, der das Mark umschliefst, hat man zu sehen *a*) auf die Anordnung der Markstrahlzellen, d. h. derjenigen Zellen, welche strahlenartig vom Mark zur Rinde gehen; ob sie ein- oder mehrreihig auftreten, ob sie sämmtlich bis zum Marke gehen, (bei ganz jungen Pflanzen regelmäfsig) oder ob sich einige derselben als secundäre, d. h. später entstandene Markstrahlen im Holzring verlieren; ob sie zahlreich und nahe bei einander oder seltener und in weiten Abständen von einander auftreten; ob sie alle von gleicher Breite sind, wie bei der Linde, Weide, Pappel und bei den Coniferen, oder ob breite und schmale Markstrahlen neben einander vorkommen, wie bei der Eiche und Buche; (bei der Hainbuche, Haselnufs und Erle sind nur scheinbar zweierlei

Markstrahlen vorhanden*); und wie die Markstrahlen sich endlich in der Rinde verhalten; *b*) auf die Anordnung der Holzzellen, ob selbige mit Gefäfszellen untermengt sind, oder ob ihnen, wie den Coniferen und Cycadeen die eigentlichen Gefäfszellen fehlen. Bei den Coniferen hat man namentlich auf die Stellung der Tüpfel, ob selbige nur in der Richtung der Markstrahlen vorhanden sind, oder ob sie auch, wenngleich seltener, in der entgegengesetzten Richtung auftreten, ferner auf das Vorhandensein oder Fehlen der Harzgänge, und auf die Stellung derselben innerhalb eines Jahresringes zu sehen. Bei den Angiospermen ist dagegen die Anordnung, Gröfse und Verdickungsweise der Gefäfszellen, und die Vertheilung der Holzzellen um selbige wichtig. Bei sämmtlichen dicotyledonen Stämmen hat man ferner auf die Grenze der Jahresringe, ob dieselbe stark oder schwach markirt ist, oder ob sie, wie bei vielen tropischen Bäumen, gänzlich fehlt, zu achten. *c*) auf das Cambium, namentlich auf dessen Uebergang zum Holz sowohl wie zur Rinde. Der Querschnitt mufs so rein und zart sein, dafs man sowohl die Zahl der Reihen, als auch die Beschaffenheit der Cambiumzellen und deren Inhalt deutlich erkennt; verdünnte Kalilauge entfernt hier oftmals den körnigen Inhalt und macht die Zellen klarer. Man unterscheidet alsdann im Cambiumring schon der Form nach das Cambium, welches Holz- und Gefäfszellen bildet, von dem Cambium, welches die Markstrahlen erzeugt**). Den Inhalt der Cambiumzellen hat man zuvor mit Jodlösung, auch mit Zucker und Schwefelsäure zu prüfen. Für die Rinde beachtet man zunächst die Anwesenheit und die Anordnung der Bastzellen in der secundären, d. h. in der durch das Cambium nachgebildeten Rinde. Die primäre Rinde ist schon im Keim, desgleichen in der jungen Knospe enthalten, der Cambiumring oder Verdickungsring, in welchem später die Gefäfsbündel entstehen (p. 71), scheidet hier die primäre Rinde vom Marke. Die secundäre Rinde wird dagegen erst durch das Cambium gebildet, sie wächst mit dem Holzring, in ihr liegt der Bast- oder der Rindentheil des dicotyledonen Gefäfsbündels. In der primären Rinde finden sich dagegen niemals Bastbündel, obschon auch in ihr bisweilen, z. B. bei Ephedra, einige verholzte Zellen auftreten. Man hat darauf zu achten, ob der Bast in Bündeln oder, wie bei den

*) Meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse, p. 52.

**) Das Cambium der Markstrahlen betrachte ich als dem Verdickungsring angehörig.

Cupressinen, in Reihen angeordnet erscheint. Ferner hat man darauf zu sehen, ob eine Epidermis, die im jugendlichen Zustande niemals fehlt (sehr entwickelt bei Viscum), noch vorhanden ist, oder ob eine Korkschicht auftritt und deren Mächtigkeit, sowie die Art ihres Auftretens; ob nämlich ein glatter Kork, ein Lederkork (Periderma) den Stamm umhüllt, wie bei der Birke, dem Kirschbaum, oder ob ein rissiger Kork, wie bei der Korkeiche, bei Acer campestre u. s. w., erscheint, oder ob endlich eine Korkbildung im Innern der Rinde das Entstehen der Borke veranlafst, und dann die Beschaffenheit, sowie die Weise des Abwerfens dieser Borke zu beachten*).

Aufser des soeben beschriebenen Querschnitts bedarf man für den dicotyledonen Stamm noch zweierlei Längsschnitte, 1. eines Längsschnittes parallel mit den Markstrahlen (eines Radialschnittes); derselbe mufs vom Mark durch den Holzring, durch das Cambium und durch die Rinde gehen. Nur bei ganz dünnen Stämmen oder Zweigen wird es möglich sein, einen solchen Schnitt im Ganzen zu erhalten, in der Regel wird man sich mit mehreren Schnitten, von denen der eine das Mark und das sogenannte Kernholz (das innerste, älteste Holz), ein zweiter vielleicht die Mitte des Holzringes und ein dritter die äufsere Grenze des Holzringes mit dem Cambium und der Rinde darstellt, begnügen müssen; dasselbe gilt vom Querschnitt durch einen gröfseren Stamm. 2. eines Längsschnittes, der sich mit den Markstrahlen kreuzt, (eines Tangential- oder Secantenschnittes); ein solcher Schnitt, etwa durch die Mitte des Holzringes, und ein anderer durch die secundäre Rinde geführt, werden in der Regel genügen.

Beim radialen Längsschnitt hat man wiederum zu achten 1. für das Mark, auf die Länge oder Kürze seiner Zellen und auf die poröse Beschaffenheit ihrer Wände, desgleichen auf den Inhalt dieser Zellen, ferner auf die Zellen der Markscheide. In derselben wird man Spiral- und Ringgefäfse finden, wenn selbige auch im Holzring nirgends weiter vorkommen. 2. für den Holzring, *a*) auf die Markstrahlzellen, ob sie lang oder kurz, schmal oder breit, grofs- oder kleinporös, oder deutlich getüpfelt sind, desgleichen auf die Art und Weise ihrer Verdickung (Fig. 22 u. Fig. 23), und endlich auf den Inhalt dieser Zellen; *b*) auf die Holzzellen und auf das Vorhanden-

*) Man vergleiche hierfür Hanstein: Ueber die Baumrinde. Berlin 1853. und meinen Baum, p. 221—244.

Fig. 22.

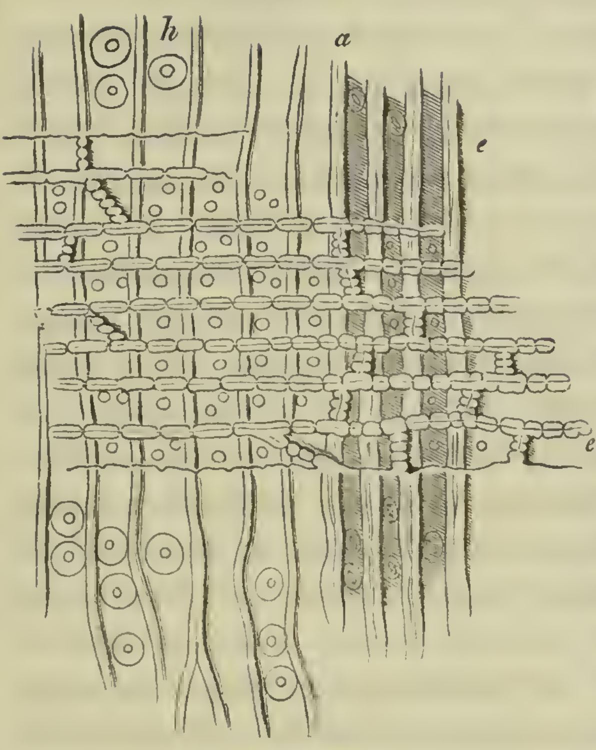
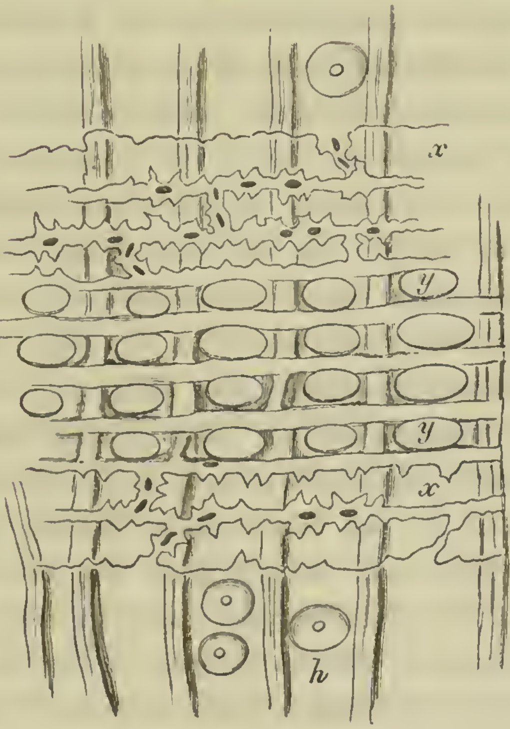


Fig. 23.



sein eines Holzparenchyms, das bei den Leguminosen besonders schön entwickelt, aber auch bei der Eiche und Buche vorhanden ist (letzteres führt häufig Stärkemehl, welches in wirklichen Holzzellen niemals vorkommt); auf die Gröfse und Stellung der Tüpfel, auf die Form und Richtung des Porus derselben; ferner auf die Gegenwart einer mehr oder minder deutlichen Spirale in der Holzzelle (bei Taxus und bei Vitis, im Holzparenchym von Ulex und Spartium); *c*) auf die Gefäfse, ob deren Zellen mit geraden oder schiefen Querwänden auf einander treffen; in ersterem Falle werden sie meistens von einem runden Loch, im anderen von sogenannten leiterförmigen Scheidewänden durchbrochen sein (Alnus, Betula, Corylus, Platanus, Buxus, Thea u. s. w.); selten kommen beide Formen in einem Stamme vor (in einem von mir untersuchten fossilen Holz aus England). Ferner ist die Art der Ver-

Fig. 22. Radialer Längsschnitt durch das Holz der Tanne (Abies pectinata); *a* Herbstholz, *h* Frühlingsholz, von *e* bis *e* Markstrahlzellen. (200mal vergr.).

Fig. 23. Radialer Längsschnitt durch das Holz der Kiefer (Pinus silvestris); *h* Frühlingsholz, d. h. Holzzellen im Frühling entstanden, *x x* Markstrahlzellen

dickung der Gefäfse, ob sie als Spiral- oder Treppengefäfse u. s. w. auftreten, ob sie getüpfelt sind, ob Tüpfel und Spirale gleichzeitig vorkommen (Tilia, Prunus Padus, Carpinus), zu erwägen. Bei den Coniferen hat man auch auf die Harzgänge, sowie auf die von Hartig nachgewiesenen sogenannten Zellfasern (vereinzelt vorkommende, mit geraden Querscheidewänden auf einander treffende Zellen, welche Harz enthalten und dem Holzparenchym der Laubhölzer entsprechen), zu sehen; letztere finden sich bei Thuja, Cupressus, Taxodium, Juniperus, Chamaecyparis, Pinus Cedrus, sie fehlen dagegen, wie es scheint, überall wo Harzgänge im Holz auftreten. 3. für das Cambium ist die Form und der Inhalt der Zellen desselben und ihr allmäliger Uebergang nach der einen Seite ins Holz, nach der anderen dagegen in die Rinde zu berücksichtigen. (Das Cambium ist im frischen Zustande reich an stickstoffhaltiger Substanz; Zucker und Schwefelsäure färben dasselbe rosenroth). 4. für die Rinde endlich ist deren Parenchym mit seinem Inhalt, die Bastzellen, deren Kürze oder Länge, desgleichen das Vorkommen secundärer Bastzellen, welche bei Abies pectinata verzweigt, dagegen bei Picea vulgaris Link kubisch sind und Längsreihen bilden, ferner auch die Schichtenbildung der Bastzellen überhaupt zu beachten. Der Bau der Korkzellen ist, wenn eine Korkschicht oder eine Borke anwesend ist, gleichfalls zu untersuchen.

Der Tangential- oder Secantenschnitt wird namentlich für den Holzring und zwar für die Anordnung der Markstrahlen wichtig, man erfährt durch ihn, ob letztere, wie bei allen ächten Coniferen, nur eine Längsreihe von Zellen bilden, (die Markstrahlen von Ephedra bilden 2 bis 3 Zellenreihen), oder ob sie in der Mitte aus mehreren, ja aus vielen Zellenreihen bestehen, und daher auf dem Tangentialschnitt in der Mitte bauchig und an beiden Enden zugespitzt erscheinen (Laurus Sassafras, Hernandia sonora, mehr oder weniger bei allen Leguminosen und bei den dicotyledonen Hölzern mit breiten und schmalen Markstrahlen, z. B. bei der Eiche und bei der Buche). Der Verlauf der Holzzellen wird in solchem Fall nothwendig ein geschlungener. Bei den Coniferen kommt auch die Zahl der über einander liegenden einreihigen Markstrahlzellen, demnach die Kürze oder Länge der Markstrahlen, in Betracht. (Juniperus hat Markstrahlen aus 1 bis 5 Zellen, Taxus aus 2 bis 24 Zellen be-

mit eigenthümlicher Verdickung ohne grofse Tüpfel, *y y* Markstrahlzellen mit sehr grofsen Tüpfeln. (200 mal vergröfsert).

stehend). Bei den Coniferen hat man aufserdem auf das Vorkommen horizontaler Harzgänge im Innern breiterer, nur sparsam vorkommender Markstrahlen zu achten, (Pinus silvestris und Pinus maritima). Der Tangentialschnitt ist bei den Coniferen auch für den Bau der Tüpfel wichtig; man erkennt (besonders schön bei Taxus und bei Pinus maritima) den linsenförmigen Raum und den Porenkanal, der von den beiden benachbarten Holzzellen gegen diesen Raum verläuft.

Für die Darstellung der Präparate gilt hier ganz dasselbe, was ich schon früher (p. 40) angegeben habe. Für die Coniferen ist es, wie überhaupt bei allen harzreichen Pflanzen, gut, die Schnittfläche des Gegenstandes statt des Wassers mit Alkohol zu befeuchten; auch wird es in der Regel vortheilhaft sein, die Schnitte vor der Beobachtung in Alkohol zu legen, theils um die Luft auszutreiben, theils um das vorhandene Harz zu lösen; bei den Coniferen ist eine solche Behandlung mit Alkohol unerläfslich. Will man die Struktur der einzelnen Zellen des Stammes noch genauer studiren, so empfehle ich das Macerationsverfahren von Schulz, ferner das Kochen mit Kali auf zarte Quer- und Längsschnitte angewendet, desgleichen die Anwendung der Chlorzink-Jodkaliumlösung auf die so macerirten Zellen, und ebenfalls auf die mit Aetzkalilösung gekochten und sorgfältig ausgesüfsten Schnitte. Sehr harte Hölzer, z. B. das Holz der Baumfarren und der Palmen legt man zweckmäfsig 24 bis 48 Stunden in Wasser; die Holzzellen scheinen dadurch etwas erweicht zu werden, sie lassen sich dann besser scheiden. Der Querschitt einiger sehr harter Hölzer rollt sich, wenn er sehr zart ist, jederzeit auf, man kann hier nichts weiteres thun, als ihn mit der Nadel sorgfältig auseinander breiten und durch eine nicht zu leichte Deckplatte flach drücken. Dünne Schnitte weicher Hölzer legen sich dagegen oft zusammen, man mufs sie ebenfalls unter dem einfachen Mikroskop mit Hülfe der Nadel auseinander breiten.

Für die Untersuchung der Wurzel dicotyledoner Pflanzen gilt im allgemeinen das für den Stamm beschriebene Untersuchungsverfahren. Die Wurzel ist gleich dem Stamm fast überall mit einem Mark versehen, doch ist dies Mark bisweilen sehr klein und verholzt, es fehlt deshalb scheinbar, die Entwickelungsgeschichte des Holzrings der Wurzel lehrt dagegen, dafs es eigentlich vorhanden ist. Für die Wurzelspitze ist auf den Grad der Ausbildung der Wurzelhaube zu achten; selbige ist bei den Nadelhölzern sehr stark entwickelt. Die

primäre Rinde der Wurzel läfst häufig zwei Schichten unterscheiden, deren äufsere früher als die innere abstirbt. Ferner sind sämmtliche Zellen der Wurzel, der secundären Rinde sowohl als auch des Holzrings, weiter; die Holzzellen der Nadelhölzer haben deshalb in der Wurzel 2 und 3 Tüpfelreihen, im Stamm dagegen nur eine solche Reihe, worauf bei der Untersuchung wohl zu achten ist. Die Wurzel von Viscum album, welche in der Rinde der Nährpflanze verläuft, besitzt nur ein centrales Gefäfsbündel, sie hat kein Mark.

Will man Braunkohlenhölzer untersuchen, so ist es bisweilen gut, dieselben mehrere Tage lang in einer Auflösung von kohlensaurem Natron zu digeriren und darauf mit Wasser auszulaugen. Hölzer, welche vor dieser Behandlung keine brauchbaren Quer- und Längsschnitte gaben, lassen sich meistens nach diesem Verfahren sehr wohl behandeln. Hölzer, die in kohlensauren Kalk verwandelt sind, geben bisweilen mit Hülfe einer Uhrfedersäge und nachherigem Abschleifen sehr gute Quer- und Längsschnitte. Am besten verfährt man hier, wenn man die mit der Säge erhaltene gerade Schnittfläche auf einem feinen Schleifstein mit Wasser glatt schleift und dann erst zum zweitenmal die Säge anwendet. Den jetzt erhaltenen, mäfsig dünnen Quer- oder Längsschnitt kittet man darauf an seiner bereits glattgeschliffenen Seite mit etwas Siegellack auf einen Kork; mit einer englischen Feile nimmt man alsdann das Gröbste hinweg und schleift darauf zuletzt den Schnitt auf einem Schleifstein unter Wasser vollends fein. Der Kork wird dann mit dem Schnitt in Alkohol gelegt, der letztere löst sich ab, man reinigt ihn mit einem Haarpinsel und bewahrt ihn vortheilhaft unter Copallack oder Canadabalsam. Dasselbe Verfahren ist den Zootomen für die Herstellung zarter Knochen- und Zahnschliffe zu empfehlen. — Bei Kieselhölzern beschränkt man sich zweckmäfsig aufs Absprengen zarter Lamellen durch vorsichtiges Pochen mit einem kleinen Stahlhammer; das Sägen und Schleifen solcher Kieselhölzer ist in der Regel zu zeitraubend und zu selten von einigem Erfolg gekrönt. Dagegen kann man z. B. von Oschatz in Berlin und von C. Zeifs in Jena sehr schöne Präparate geschliffener Kieselhölzer käuflich beziehen. — Zur Herstellung derselben gehört nothwendig ein vollständiger Schleifapparat.

Untersuchung der Blätter.

Für die Untersuchung der Blätter bedarf man zunächst zarter Quer- und Längsschnitte durch das Blatt; diese erhält man bei nicht sehr fleischigen Blättern am besten zwischen Kork. Auch bei den Blättern der Aloë- und Agavearten, überhaupt bei allen sehr saftigen Blättern mufs man, wenn man die Oberhaut studiren will, diese mit einigen unter ihr liegenden Zellenschichten ablösen und zwischen Kork bringen, da man auf keine andere Weise hinreichend zarte Schnitte erhält. (Vergl. p. 24).

Beim Blatte hat man zunächst auf die Oberhaut desselben; ob beide Blattseiten eine gleiche oder eine verschieden gebaute Oberhaut mit oder ohne Spaltöffnungen besitzen, zu achten. Den Bau der Spaltöffnungen selbst erfährt man bei regelmäfsiger Stellung derselben durch den Querschnitt, und durch Betrachtung der abgelösten Oberhaut von oben. Für die Spaltöffnungen ist auf ihre Lage und Anordnung, ob sie über die ganze Fläche oder nur an gewissen Stellen der Oberhaut vorhanden sind, ob sie alle in derselben Richtung liegen oder ob sie unregelmäfsig vorkommen, ob sie mit der Oberhaut in einer Höhe oder unter derselben auftreten u. s. w. zu sehen. Das Verhalten der Cuticula erfährt man auf sehr dünnen Querschnitten durch eine Behandlung mit Chlorzink-Jodlösung, durch Anwendung concentrirter Schwefelsäure, durch Kochen mit Aetzkali und durch die Maceration nach Schulz. Man erkennt durch ein solches Verfahren, dafs die sogenannte Cuticula der meisten Autoren zweierlei Dinge umfafst, dafs sie nach Aufsen aus einer strukturlosen Ausscheidung der Oberhautzellen, nach Innen dagegen aus den chemisch veränderten äufseren Schichten der Oberhautzellen selbst besteht; beide sind meistens so innig verbunden, dafs sie durch concentrirte Schwefelsäure und Maceration nicht von einander getrennt werden, durch Kochen mit Aetzkali fallen dagegen die einzelnen Oberhautzellen (bei Gasteria obliqua, Phormium tenax, Viscum album) auseinander, während sich das Secret der Oberhaut, die eigentliche Cuticula, in den meisten Fällen körnig auflöst. (Eine vergleichende Untersuchung junger und alter Blätter ist hier sehr empfehlenswerth).

Auch die Bekleidung der Oberhaut durch Haare, und die Einfügung sowie der Bau dieser Haare ist zu beachten, ferner wird die Anordnung des Blattparenchyms und die Vertheilung der Gefäfsbündel,

als Blattnerven, in demselben wichtig. Wohl selten (bei Viscum) wird das Blattparenchym der oberen Seite in seiner Anordnung dem der unteren entsprechen. In der Regel ist das Parenchym derjenigen Blattseite, welche keine Spaltöffnungen besitzt, dichter als das Parenchym der anderen Hälfte, welches häufig grofse, mit Luft erfüllte Räume zwischen sich läfst. Auch der Zellinhalt des Blattparenchyms und der Oberhaut verdient Beachtung. Für die Untersuchung des Blattstiels gilt alles soeben Gesagte. Durch aufeinander folgende Querschnitte erkennt man in ihm die Stellung und Zahl der vom Zweig ins Blatt übertretenden Gefäfsbündel und die Weise ihrer weiteren Zertheilung zur Bildung der Blattnerven.

Sehr zarte Blumenblätter schneidet man zwischen Kork oder noch zweckmäfsiger zwischen Fliedermark. Auf diese Weise ist es mir sogar nicht selten gelungen, sehr zarte Querschnitte der nur aus einer Zellenlage bestehenden Lebermoosblätter zu erhalten, nur mufs der Kork alsdann recht weich und das Messer ganz besonders scharf sein.

Bei vielen Urticeen (Urtica, Ficus) kommen in gewissen Zellen des Blattes traubenförmige, von einem Stiel getragene Körper vor (Fig. 24 und 25), deren Bildungsweise eigenthümlich ist. Bei vielen Acanthaceen (Justicia, Ruellia, Beloperome) finden sich ähnliche, oftmals spiefs- oder donnerkeilartig geformte Körper. Dieselben bestehen

Fig. 24.

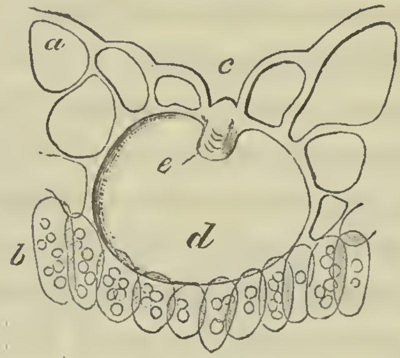


Fig. 25.

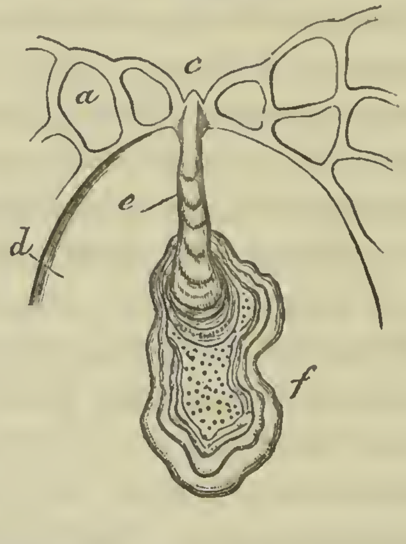


Fig. 24 u. 25. Partien aus den Querschnitten eines ganz jungen und eines älteren Blattes von Ficus australis; *a* Oberhautzellen, *b* Blattparenchym, *c* kleine Spitze der grofsen Zelle *d*, unter derselben erscheint die erste Anlage zum Stiel, welcher später die mit kohlensaurem Kalk geschwängerte Traube trägt. (400 mal vergröfsert).

aus Zellstoffschichten, in welchen reichlich kohlensaurer Kalk abgelagert ist. Man erkennt sie auf zarten Quer- oder Längsschnitten; es ist zunächst auf die Lage dieser Zellen, die bei den Acanthaceen auch im Stengel vorkommen, zu achten*).

Die Untersuchung der Blüthe und der Frucht.

Bei der einzelnen Blüthe ist zunächst auf das Zahlen- und Stellungsverhältnifs der Blüthentheile zu einander und dann auf den Bau dieser Theile selbst zu achten.

Für das Zahlen- und Stellungsverhältnifs der Blüthentheile ist ein mäfsig dünner glatter Querschnitt durch eine noch vollständig geschlossene Knospe, und zwar aus verschiedenen Höhen am geeignetsten. Ein solcher Querschnitt aus der Spitze der Knospe wird in der Regel nur das Stellungsverhältnifs des Kelches und der Blumenblätter und deren Knospenlage zeigen; ein etwas tiefer geführter Querschnitt wird darauf bei Zwitterblüthen auch die Antheren und deren Verhältnifs zu den Blumenblättern, häufig auch Staubweg oder Narbe, ja bei oberständigem Fruchtknoten, die Stellung des letzteren zu den ihn umgebenden Blüthentheilen nachweisen. Ein noch etwas tieferer Querschnitt wird selten überflüssig sein; bei Blüthen mit unterständigem Fruchtknoten dürfen auch Querschnitte in verschiedenen Höhen durch den letzteren nicht unterlassen werden. Durch solche Querschnitte, die übrigens nicht zu dünn sein dürfen, indem sonst die einzelnen Theile leicht auseinander fallen, erhält man wirkliche Blüthengrundrisse; man orientirt sich durch selbige aufs leichteste über die ganze Anordnung der Blüthentheile, man erkennt deutlich die verschiedenen Blattkreise, man sieht, wie sich die Kelch- und Blumenblätter in der Knospenlage verhalten, wie die Antheren vor dem Aufspringen beschaffen sind, ob Kelch- und Blumenblätter, desgleichen ob die Staubfäden mit einander abwechseln oder nicht, man erkennt das Verhältnifs der Fruchtknotenfächer zum vorhergehenden Blattkreis u. s. w. Auf Tafel V, Fig. 6 habe ich einen derartigen Querschnitt durch die Knospe von Asclepias syriaca abgebildet. Häufig erhält man mit dem Knospenquerschnitt zugleich auch einen Quer-

*) In den Abhandlungen der Senkenbergischen Gesellschaft von 1854 habe ich über die Entwickelungsgeschichte dieser Bildungen geschrieben; in meinen Beiträgen zur Anatomie und Physiologie der Gewächse ist derselben gleichfalls gedacht (p. 241 — 248).

schnitt durch das Deckblatt, welchem die Knospe entsprossen ist. Bei solchen Querschnitten hat man indeſs sehr darauf zu achten, daſs man nicht durch Berührung mit der Nadel oder mit sonstigen Instrumenten etwas verschiebt. Bei jungen Knospen wird dies bei einiger Vorsicht leicht zu vermeiden sein; Knospen, welche dem Aufbrechen nahe sind, kann man aus diesem Grunde nicht mehr zum Querschnitt benutzen. Man hebt solche Querschnitte, wie überhaupt die meisten zarten Präparate, mit einem ſeinen Haarpinsel vom Messer. Schnitte, die nicht ganz wagerecht durch die Knospe gingen, sind überall zu verwerſen.

Auſser den besprochenen Querschnitten, die ich für eine ordentliche Blüthenanalyse durchaus nothwendig halte, sind auch Längsschnitte genau durch die Mitte der Knospen in Richtungen, welche durch den Querschnitt bestimmt werden, erforderlich. Man orientirt sich durch sie auſs leichteste, 1. über die Einfügung der Blumenblätter und Staubfäden; ob selbige mit den Kelchblättern in nahebei gleicher Höhe entspringen oder ob sie von einem Discus getragen werden, ob bei Blüthen mit ungetrennten Blumenblättern die Filamente der Antheren mit den letzteren verbunden sind, und wo sie sich von ihnen trennen; 2. über die Stellung des Fruchtknotens zu den übrigen Blüthentheilen; ob er ober-, mittel- oder unterständig ist, wie der Staubweg sich zu ihm verhält und auf welche Weise der Staubwegkanal mit den Fruchtknotenfächern in Verbindung steht (diese Frage wird in manchen Fällen nur durch die Entwicklungsgeschichte des Fruchtknotens und Staubweges zu ent-

Fig. 26.

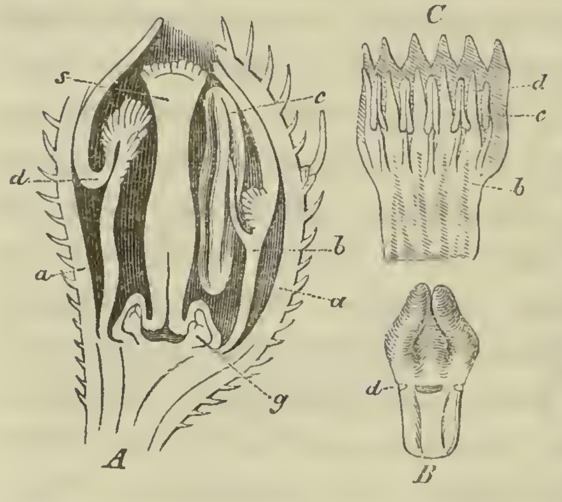


Fig. 26. *A* Längsschnitt durch die Mitte einer Blüthenknospe von Symphytum asperrimum; *a* Kelchblatt, *b* Blumenkrone, *c* Staubblatt, *d* die der Länge nach durchschnittene Tasche (Hohlschuppe) eines Blumenblattes, *s* die Narbe, *g* die Samenknospe, daneben der Raum, in welchen die Pollenschläuche herabsteigen, um zu den Samenknospen zu gelangen (16mal vergröſsert). *B* Eine Blumenkrone von der Seite gesehen; *d* die Taschen. *C* Eine Blumenkrone der Länge nach aufgeschlitzt und auseinander gebreitet; *b* der röhrenförmige Theil derselben. *c* die Staubblätter, *d* die Taschen. (5mal vergröſsert).

scheiden sein). Man wird aufserdem bei solchen Längsschnitten durch die Knospe auf manche interessante Erscheinung geführt werden. Ich gebe als Beispiel in der Figur 26 *A* einen Längsschnitt genau durch die Mitte der ziemlich entwickelten Knospe von Symphytum asperrimum; man erkennt hier unter andern, dafs die sogenannten Hohlschuppen (fornices) der Borragineenblüthen gewissermafsen taschenartige Erhebungen der Blumenblätter sind. Die Quer- und Längsschnitte der Knospe gewähren aufserdem über die Art der Behaarung vortreffliche Aufschlüsse. — Bei den Compositen hat man zuerst einen Längsschnitt durch die Mitte des ganzen Köpfchens und aufserdem noch die besprochenen Quer- und Längsschnitte durch die Einzelnblüthen auszuführen. Man sollte hier nie unterlassen, die Randblüthen und die Blüthen der Mitte besonders zu untersuchen, da selbige oftmals interessante Verschiedenheiten darbieten.

Wenn man so mit der Blüthe im Allgemeinen bekannt ist, wendet man sich zur Untersuchung der einzelnen Theile derselben.

a) Für das Deckblatt und den Kelch gilt das über die anatomische Untersuchung der Blätter im Allgemeinen gesagte. Bei der Blüthenanalyse hat man hier zunächst die äufsere Beschaffenheit, z. B. die Gestalt, die Färbung, die Art der Behaarung, dann aber auch die saftige, holzige, lederartige oder trockne Beschaffenheit der Gewebe und ihre Veränderungen nach der Blüthezeit zu beachten.

b) Für die Blumenblätter möchte ebenfalls wenig zu erwähnen sein; durch zarte Quer- und Längsschnitte zwischen Kork wird man den Bau der Blumenblätter und ihrer Oberhaut erfahren, durch eine Betrachtung des ganzen Blumenblattes von oben bei schwacher Vergröfserung oder bei auffallendem Licht wird man über die Vertheilung der Gefäfsbündel in selbigen, die oftmals eine so zierliche Zeichnung der Blumenblätter veranlassen, ins Klare kommen. Der häufig schön gefärbte flüssige Zellinhalt ist hier gleichfalls zu beachten. Die Gestalt der Blumenblätter, ihre Farbe und ihre äufsere Beschaffenheit, wird jedoch bei der Blüthenanalyse besonders hervorzuheben sein.

c) Für die Staubfäden ist eine genaue Untersuchung der Staubbeutel unerläfslich; man mufs dieselben aus der Knospe (im noch geschlossenen Zustande) und kurz vor und nach dem Aufspringen untersuchen; in letzterem Falle ist ein Querschnitt selten ausführbar. In der Regel wird man die Anthere in der Knospe vierfächerig finden (Fig. 27); das Parenchymband, welches die zwei Fächer jeder Seite

trennt, wird alsdann später ganz oder theilweise resorbirt, so dafs der Staubbeutel zur Zeit der Blüthe nur zweifächerig erscheint. Es giebt dagegen auch ursprünglich zweifächerige Antheren; zweifächerig ist z. B. die Anthere vieler Coniferen, als Abies, Pinus, Picea, Larix (Fig. 28), während das Staubblatt anderer Nadelhölzer, Thuja, Cupressus u. s. w. sowie der Cycadeen, viele einzelne, oft thurmartig (Fig. 29) hervortretende Fächer (Pollensäcke) besitzt*); zweifächerige Antheren

Fig. 27.

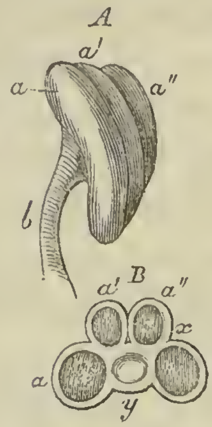


Fig. 28.

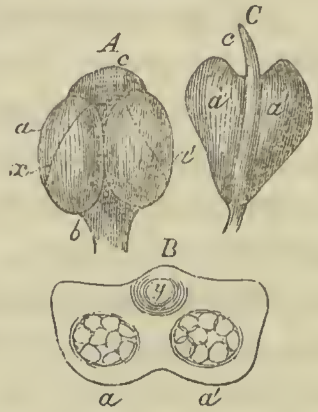
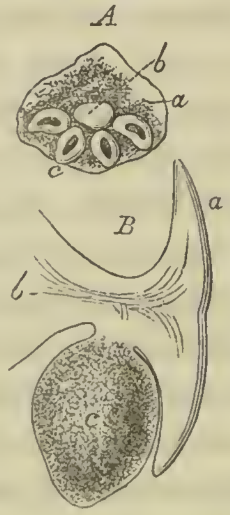


Fig. 29.



finden sich ferner unter den Amaranthaceen, (Gomphrena decumbens, Alternanthera diffusa; Albersia und Celosia besitzen dagegen normale vierfächerige Staubbeutel). Die Anthere von Meryolix serrulata ent-

Fig. 27. *A* Staubblatt des Mandelbaumes (Amygdalus) mit vierfächeriger Anthere. *B* Querschnitt durch die letztgenannte; *a* u. *a'* die beiden Staubbeutelfächer der einen Seite, *a''* ein Fach der anderen Seite, *b* der Träger (Filament), *x* die Längsfurche, in welcher 2 Fächer einer Seite aufspringen, *y* das Gefäfsbündel des Connectivs.

Fig. 28. Staubfäden der Lerche (Larix europaea). *A* Im halbreifen Zustande; *a* u. *a'* die beiden Fächer, *b* das Filament, *x* die Linie, nach welcher späterhin der Staubfaden aufspringt. *B* Querschnitt eines solchen Staubfadens; *y* das Gefäfsbündel. *C* Ein bereits aufgesprungener Staubfaden von der Hinterseite; *c* die Spitze desselben, der Spitze einer Lerchennadel entsprechend. Die übrigen Bezeichnungen bei *B* und *C* gleichbedeutend mit *A*. (Vergröfserung bei *A* 30 mal, bei *B* 50 mal und bei *C* 6 mal).

Fig. 29. *A* das schildförmige Staubblatt der Cypresse (Cupressus sempervirens) von unten gesehen; *a* die Blattfläche, *b* das Filament, *c* einer der Pollensäcke. *B* Ein Längsschnitt durch ein ganz junges Staubblatt; die Bezeichnung wie oben. (*A* 8 mal, *B* 25 mal vergröfsert).

---

*) Ein Fach solcher Staubblätter wurde in der ersten Auflage dieser Schrift irrthümlich von mir als die Anthere selbst beschrieben.

wickelt ihren Pollen in getrennten Gruppen von Mutterzellen, erst später verschwindet das Parenchym, welches diese Gruppen trennte; die Anthere öffnet sich, den übrigen Onagrarieen ähnlich, mit zwei Längsspalten. Auch bei Viscum erscheinen die Mutterzellen in Gruppen, durch Parenchym von einander getrennt. Arceutobium Oxycedri (Viscum Oxycedri) hat gar ein einziges kreisförmiges Antherenfach, welches gleich dem Rand einer Schieſsscheibe ein Centrum umgiebt. Da man nicht immer diese Verhältnisse vorher bestimmen kann, so ist ein Querschnitt durch die Anthere einer Knospe für eine genaue Blüthenanalyse unerläſslich; man hat bei ihm auſserdem noch auf die Stellung des Connectivs oder Mittelbandes, das immer durch sein Gefäſsbündel charakterisirt wird, zu den Staubbeutelfächern und auf die Wandung der letzteren selbst, namentlich auf die meistens dort vorhandenen Zellen mit zierlichem Spiralbande und auf die Lage dieser Zellen als äuſserste oder als darauf folgende Schicht, zu achten. Bei Abies und bei Picea bilden die Spiralzellen die äuſserste Schicht des Staubbeutelrandes; bei Quercus, Fagus, Hippuris u. s. w. erscheinen sie dagegen als die innerste Schicht; bei Monotropa fehlen die spiralförmig verdickten Zellen gänzlich, desgleichen bei der Kartoffel.

In morphologischer Beziehung ist die Art der Befestigung der Antheren auf dem Filament, die Art ihres Aufspringens, die Gestalt der Staubbeutel, ob sie nach oben und unten Verlängerungen oder Haarschöpfe besitzen, (besonders für die Compositen wichtig), ob zu beiden Seiten des Connectivs die Fächer normal entwickelt sind, oder ob nur die eine Seite Pollen entwickelt (Salvia, Canna), zu beachten (Fig. 30). Auch die Gestalt des Staubbeutelträgers, ob er kurz oder lang, gerade oder gebogen, einfach oder mit Anhängseln versehen (Asclepias, Borrago), oder gar gespalten (Carpinus, Corylus, Betula, Alnus) ist, muſs genau beobachtet werden; ferner hat man auf die Einfügung desselben, ob jedes Filament einzeln auftritt oder ob mehrere am Grunde mit einander verbunden sind (bei Hypericum, Calothamnus), oder ob endlich eine

Fig. 30.

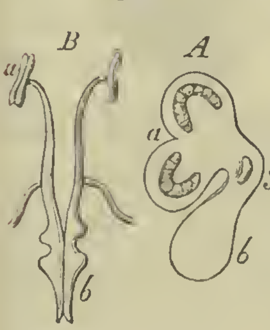
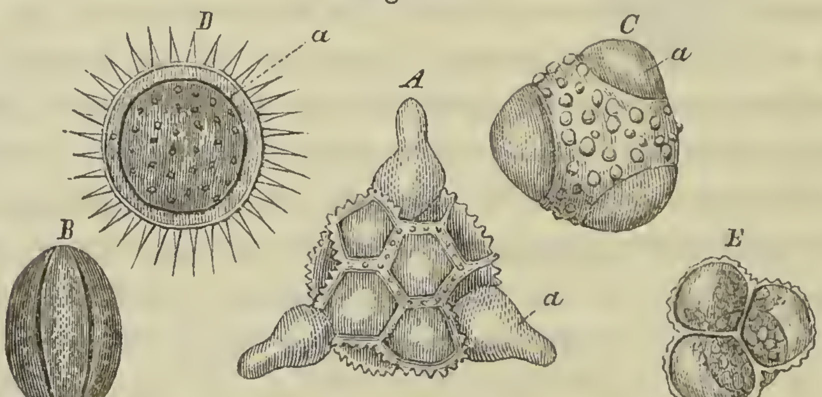


Fig. 30. *B* Die beiden Staubblätter von Salvia nivea; *a* die zweifächerige ausgebildete Seite eines derselben, *b* die andere Seite ohne Staubbeutel. *A* Ein Querschnitt durch das sehr junge Staubblatt; *a* u. *b* wie oben, *y* das Gefäſsbündel des Connectivs. (*A* 50mal, *B* 8mal vergröſsert).

gemeinsame Röhre die einzelnen kürzer oder länger gestielten Staubbeutel trägt (bei Ruscus und bei einigen Amaranthaceen), zu sehen.

Für jede vollständige Blüthenanalyse wird auch der Inhalt der Anthere, der reife Pollen, sehr wichtig. Man untersucht denselben sowohl trocken, als auch unter Wasser, unter Citronenöl und unter concentrirter Schwefelsäure; in einigen Fällen wird es zweckmäfsig sein, ihn noch mit Chlorzink-Jodlösung, desgleichen mit Salpetersäure zu behandeln. Beim Pollen ist namentlich auf die Structur seiner Häute und auf die zum Austritt des Pollenschlauchs bestimmten Stellen, deren Zahl und Anordnung, ob sie, wie häufig in Vertiefungen (Längsfalten) der äufseren Pollenhaut liegen (meistens nur bei der Betrachtung des Pollens ohne Wasser erkennbar), ob sie, wie bei Stellaria mit Deckelchen versehen sind u. s. w. zu achten. Der Bau der äufseren Haut, die oft die zierlichsten Formen annimmt, (Cichoraceae, Stellaria, Cucurbitaceae, Amaranthaceae) und die Färbung dieser Cuticula durch concentrirte Schwefelsäure verdient gleichfalls Beachtung (Fig. 31).

Fig. 31.



Von den Pollinarien der Asclepiadeen erhält man zwischen Kork dünne Querschnitte, man erkennt alsdann in der lederartigen Umhüllung (bei Anwendung concentrirter Schwefelsäure färbt sich dieselbe roth), ein Secret der Pollenzellen. Bei den Orchideen hat man die Pollenmassen in ihrem Zusammenhang mit dem Viscinstrang des sogenannten Re-

Fig. 31. Blüthenstaub verschiedener Pflanzen. *A* Vom Wiesenbocksbart (Tragopogon pratense), unter Schwefelsäure gesehen; *a* die hervortretende innere Pollenzelle, deren Ausdehnung später den Pollenschlauch bilden würde. *B* u. *C* Blüthenstaub der Stechpalme (Ilex aquifolium). *B* Im trockenen Zustande, *C* unter Wasser gesehen; *a* die innere Pollenzelle. *D* Ein Pollenkorn einer Malve (Lavatera) unter Citronenöl. *E* Ein Pollenkorn einer Orchis (Epipactis palustris). (400 mal vergröfsert).

tinaculums (der Viscin absondernden Drüse), dann einzelne Lappen der Pollenmasse und zuletzt einzelne Pollenkörner und zwar letztere unter verschiedenen Medien zu untersuchen. Bei Cephalanthera und Limodorum sind die Pollenkörner frei und nicht zu 4 vereinigt, auch die Viscinstränge fehlen. Häufig wird es sehr werthvoll sein, das Hervortreten des Pollenschlauchs aus dem Pollenkorn zu beobachten, namentlich da, wo nur eine Pollenhaut vorhanden scheint. In der Regel ist es nicht schwer, sich durch Uebertragen des Pollens auf die Narbe der Pflanzen Pollenschläuche zu verschaffen, in 1 bis 8 Tagen pflegen dieselben zahlreich vorhanden zu sein. Der Saft, den die Narbe von Hoja carnosa absondert, ist für die Bildung der Pollenschläuche sehr geeignet; bringt man den Pollen anderer Pflanzen auf diesen Narbenkörper, so erhält man meistens sehr schöne Pollenschläuche; die Anwendung von Zuckerwasser hat seltener ein günstiges Resultat. Bei Limodorum abortivum entwickeln sich die Pollenschläuche schon innerhalb der Antheren (Taf. III. Fig. 1 — 4).

Der frische Pollen ist immer für die Untersuchung geeigneter als der ältere, bereits trocken gewordene Blüthenstaub, weil dessen Inhalt in der Regel nicht wieder aufweicht. Im frischen Pollenkorn einiger Nadelhölzer (Abies, Picea, Pinus, Larix) erkennt man z. B. ein aus mehreren Zellen bestehendes Körperchen, welches an der Wand der Mutterzelle festsitzt und dessen Endzelle zum Pollenschlauch wird (Taf. IV. Fig. 16 — 22). Wenn man Salpetersäure anwendet, so tritt die Pollenzelle hier aus der Cuticula hervor; man erblickt das Zellenkörperchen jetzt sehr deutlich. Bei Thuja, Cupressus und Taxus theilt sich dagegen die Pollenzelle in zwei ungleiche Hälften, die gröfsere Tochterzelle wird hier zum Pollenschlauch*) (Taf. IV. Fig. 1 u. 2).

d) Für Staubweg und Narbe, diese mögen nun einfach oder in der Mehrzahl vorhanden sein, sind in der Regel dünne Längsschnitte ausreichend. Für die Narbe hat man zunächst auf die, eine Flüssigkeit absondernde Oberhaut, die meistens papillenartig entwickelt ist, zu achten; für den Staubweg wird der Verlauf seines Canals und das leitende Zellgewebe desselben, zunächst wichtig sein. Ein zarter Querschnitt durch den Staubweg leistet oftmals gute Dienste, man erkennt durch ihn auch die Vertheilung der Gefäfsbündel in selbigem.

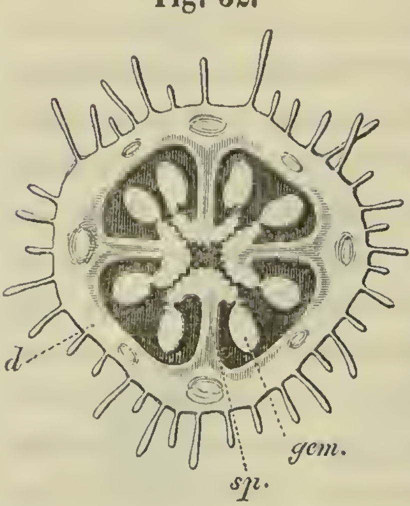
e) Für die Untersuchung des Fruchtknotens sind sehr dünne

---

*) Meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse, p. 148 u. 284.

Querschnitte in verschiedenen Höhen nothwendig. Man mufs, wenn der Fruchtknoten mehrfächerig zu sein scheint, sich bisweilen noch mit Hülfe der Nadel unter dem einfachen Mikroskop überzeugen, ob dies wirklich der Fall ist. Sehr viele Fruchtknoten, die in den meisten Handbüchern als mehrfächerig mit centralem Samenträger angegeben sind, erscheinen in der Wirklichkeit, wenigstens im oberen Theil, einfächerig mit mehreren wandständigen, sich dicht aneinander legenden Samenträgern versehen, dagegen sind sie im unteren Theile wirklich mehrfächerig, so bei den Onagrariceen, Pyrolaceen, Monotropeen u. s. w. Die Cucurbitaceen haben einen für seine ganze Länge mehrfächerigen Fruchtknoten mit wandständigen Samenträgern. Bei den Onagrariceen sind nämlich 4 wandständige Samenträger, die auf dem Querschnitt leistenartig in die Fruchtknotenhöhle vorspringen und an ihrem Ende sich nach beiden Seiten, an jeder Seite eine Reihe Samenknospen tragend, ausbreiten und aneinander legen, vorhanden (Fig. 32); zwischen den vier sich berührenden Samenträgern bleibt ein freier Raum, der gewissermafsen als Fortsetzung des Staubwegkanals dient; in der unteren Hälfte des Fruchtknotens sind dagegen die 4 Samenträger mit einander vereinigt. — Bei den erwähnten Querschnitten durch den Fruchtknoten ist aufserdem auf die Anordnung der Samenträger und die Vertheilung der Samenknospen an ihnen zu achten; auch die Vertheilung der Gefäfsbündel im Fruchtknoten und im Samenträger, desgleichen die Behaarung des Fruchtknotens verdient Berücksichtigung. Bei der Buche ist das Mittelsäulchen im Innern des Fruchtknotens stark behaart*).

Fig. 32.



Die Richtung des Längsschnitts durch die Mitte des Fruchtknotens richtet sich theils nach der Anordnung der Samenträger, theils nach der Stellung des Staubwegs und der Narben. Sehr häufig wird man

Fig. 32. Querschnitt aus der oberen Hälfte des Fruchtknotens von Oenothera muricata; *d* die Wand desselben, *sp.* einer der vier wandständigen Samenträger, *gem.* eine Samenknospe. (10 mal vergröfsert).

*) Meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse, Taf. III. Figur 34.

Längsschnitte in verschiedenen Richtungen, durch die Mitte des Fruchtknotens und wenn es möglich ist, auch durch die Mitte des Staubwegs und durch einen Theil der Narbe geführt, darstellen müssen; noch häufiger wird man, wenn dies nicht möglich ist, Narbe und Staubweg für sich untersuchen müssen. Bei diesen Längsschnitten durch den Fruchtknoten hat man wiederum besonders auf das Verhalten der Samenträger und der Samenknospen, auf die Stellung der letzteren, auf die Verbindung des Staubwegkanals mit der Fruchtknotenhöhle, auf die Vertheilung der aus dem Stengel in den Fruchtknoten übergehenden Gefäfsbündel und deren weitere Verzweigung in die übrigen Blüthentheile zu achten.

Der wichtigste Theil der Fruchtknotens ist die Samenknospe; eine genaue Blüthenanalyse mufs deshalb auch über ihr Verhalten zur Blüthezeit Auskunft geben.

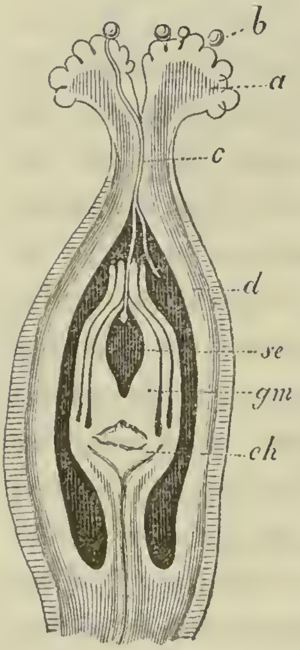
f) Für die Samenknospe ist dreierlei hervorzuheben: 1. die Anwesenheit und die Zahl der Knospenhüllen, 2. die Richtung der Samenknospe, namentlich für die Lage des Knospenmunds, d. h. desjenigen Punktes, wo die Knospenhüllen endigen, zum Anheftungspunkt der Samenknospe, 3. die Lage und das Verhalten des Embryosacks zum Knospenkern.

Diese Fragen lassen sich nur in den wenigsten Fällen durch die Betrachtung der ganzen Samenknospe lösen; bei den Orchideen, bei Monotropa, bei den Pyrolaarten, deren Samenknospen sehr klein und durchsichtig sind, und deren weiche Beschaffenheit kein Präpariren zuläfst, ist dies schon durch eine genaue Einstellung möglich. In den meisten Fällen wird man dagegen dünne Längsschnitte, genau durch die Mitte der Samenknospe anfertigen müssen; in einzelnen Fällen, z. B. bei Oenothera, gelingt dies am besten bei Herstellung dünner Längsschnitte durch den Fruchtknoten selbst; unter den vielen durchschnittenen Samenknospen findet man hier und da eine, welche vom Schnitt richtig getroffen ward, diese mufs man dann mit Hülfe des einfachen Mikroskops herauslesen; bei anderen Pflanzen, z. B. bei Iris und bei Cucurbita ist dagegen ein dünner Querschnitt durch den Fruchtknoten vortheilhafter. In den allermeisten Fällen wird man die Samenknospe selbst ablösen, dieselbe auf den Zeigefinger bringen und mit Hülfe eines sehr scharfen, hohlgeschliffenen Rasirmessers durch zwei Schnitte so zerlegen müssen, sodafs man eine zarte Längslamelle, welche genau die Mitte der Samenknospe bildet, erhält. Man verfährt

hier am besten, indem man erst die eine Seite der Samenknospe hinwegnimmt, darauf die letztere mit Hülfe eines feinen Haarpinsels umwendet und nunmehr auch die andere Seite der Samenknospe entfernt. Man bringt den so erhaltenen Schnitt unters Mikroskop; ist er im allgemeinen gelungen, so kann man ihn häufig durch einen dritten oder vierten Schnitt, in derselben Weise ausgeführt, verbessern. Ueber die richtige Lage kleiner Samenknospen auf dem Finger orientirt man sich erst mit Hülfe der Lupe. Die Samenknospen sämmtlicher Personaten, der Labiaten, Borragineen, der Coniferen u. s. w. verlangen eine derartige Behandlung.

In einzelnen Fällen wird man auch mit den gelungensten Schnitten über die Anwesenheit der Knospenhüllen nicht ins Klare kommen, dies gilt besonders für die Fälle, wo der Knospenkern sehr unentwickelt ist und sehr früh vom Embryosack verdrängt wird, hier kann es ohne die Entwickelungsgeschichte zweifelhaft bleiben, ob ein nackter Knospenkern, oder ein einfaches sehr entwickeltes Integument vorhanden ist; als Beispiel erwähne ich Asclepias syriaca, deren Entwickelungsgeschichte ich im Abschnitt VI dieser Schrift vollständig mittheile.

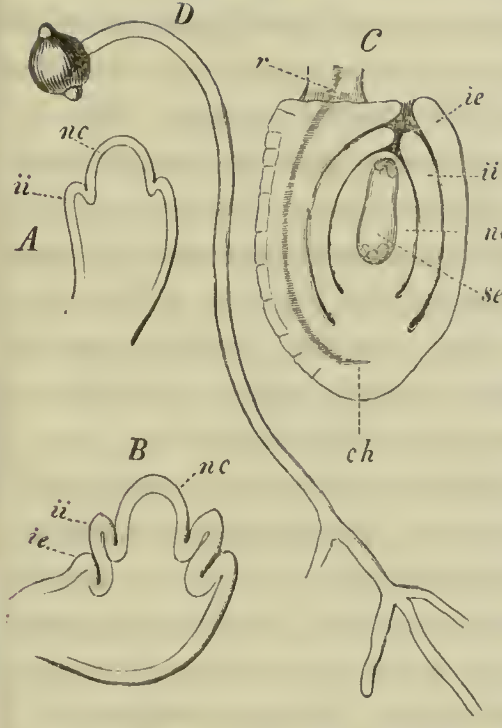
Fig. 33.



Für die Richtung der Samenknospe will ich nur 3 Haupttypen hervorheben, *a*) die geradläufige (orthotrope) Samenknospe, wo der Knospenmund in einer geraden Linie über dem Anheftungspunkt liegt, (Hydrocharis, Taxus, Juglans, Polygonum) (Fig. 33); *b*) die gegenläufige (anatrope) Samenknospe, wo der Knospenmund neben dem Anheftungspunkt liegt und wo das Gefäfsbündel des Knospenträgers (die Raphe) längs der einen Seite der Samenknospe verläuft (Cucurbitaceae, Irideae, Liliaceae, Impatiens, Viola, Podocarpus) (Fig. 34). Bei dieser und der vorigen Samenknospe liegt der Knospengrund (Chalaza, der Ort wo das Gefäfsbündel des Knospenträgers endet) dem Knospenmunde gegen-

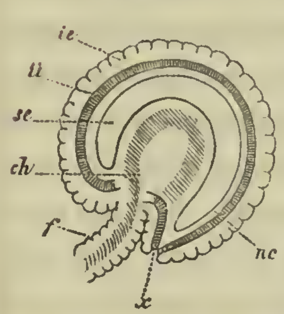
Fig. 33. Längsschnitt durch den Fruchtknoten von Polygonum Convolvulus (dem Buchweizen verwandt). Auf der Narbe (*a*) liegen Pollenkörner (*b*), welche durch den Staubwegkanal (*c*) Schläuche zur Samenknospe (*gm.*) herabsenden, einer derselben ist durch den Knospenmund in den Embryosack (*se.*) getreten und dort bereits kugelig angeschwollen. (Vergröfserung 40 mal).

Fig. 34.



über, der Knospenkern und Embryosack sind nicht gekrümmt; c) die gekrümmte (campylotrope) Samenknospe; hier hat die Entwickelung sämmtlicher Theile nur einseitig stattgefunden, der Knospenmund liegt neben dem Anheftungspunkt, die Raphe ist sehr kurz, der Embryosack ist gekrümmt (Capsella, die Amaranthaceen) (Fig. 35). Die zahlreichen Zwischenformen und Modificationen dieser Typen, die zum Theil besondere Namen erhalten haben, aber durch selbige lange nicht genügend zu charakterisiren sind, übergehe ich mit Stillschweigen; eine genaue Zeichnung der untersuchten Samenknospe wird jederzeit besser wie die weitläuftigste Beschreibung ihre Eigenschaften darthun.

Fig. 35.



In Betreff des Embryosacks hat man namentlich auf dessen Verhalten zum Knospenkern zu achten. Bei den Orchideen und bei den Personaten wird der Knospenkern frühzeitig vom Embryosack verdrängt; bei den Rhinanthaceen, Orobancheen, Acanthaceen und bei den Labiaten bildet der Embryosack oft sehr bedeutende Aussackungen, welche das Parenchym des ein-

Fig. 34. Entwickelungszustände der Samenknospe von Viola tricolor. *A* sehr junger Zustand, *B* etwas später, beide als Längsschnitte eingestellt, *C* zur Blüthezeit im Längsschnitt. *D* Ein Pollenkorn, welches einen mehrfach verzweigten Schlauch treibt. *nc* der Knospenkern der Samenknospe, *ie* die äufsere Knospenhülle, *ii* die innere Knospenhülle, *se* der Embryosack, *r* die Raphe oder das Gefäfsbündel, welches vom Samenträger bis zum Knospengrund *ch* (zur Chalaza) verläuft. (150 mal vergröfsert).

Fig. 35. Eine campylotrope Samenknospe von Gypsopila effusa im Längsschnitt; *ie* die äufsere Knospenhülle (Integumentum externum), *ii* die innere Knospenhülle, *nc* der Knospenkern (Nucleus), *se* der Embryosack, *ch* der Knospengrund, *f* der Knospenträger (Funiculus), *x* der Knospenmund (Micropyle). (Vergröfserung 20 mal).

fachen Integuments resorbirend, dasselbe durchbrechen und oftmals frei in die Fruchtknotenhöhle treten; nur ganz zarte, genau durch die Mitte der Samenknospe geführte Längsschnitte können dies oft höchst interessante Verhalten des Embryosacks deutlich machen. (Für das Nähere verweise ich auf meine Entwickelungsgeschichte des Pflanzenembryon. Amsterdam bei Sulpke 1850.) Ferner hat man auf das Vorhandensein eines wirklichen Endosperms zur Blüthezeit zu achten (Personaten, Hallorageen, Hippurideen); auch wird es für die richtige Auffassung der Befruchtungsvorgänge wichtig, sich von dem etwanigen Vorhandensein oder Fehlen einzelner Zellen in der Spitze oder an beiden Enden des Embryosacks zu überzeugen.

Mancherlei Nebenorgane der Blüthe als sogenannte Nebenstaubfäden, Nectarien, Discus u. s. w. will ich nicht besonders aufführen; wer den von mir beschriebenen Untersuchungsgang genau befolgt, der wird unmöglich irgend ein derartiges Organ, wenn es vorhanden ist, übersehen können. Die Deutung dieser Organe ist zum gröfsten Theil noch der Entwickelungsgeschichte zur Lösung vorbehalten.

g) Für die Untersuchung der reifen Frucht gilt im allgemeinen das für die Untersuchung des Fruchtknotens angegebene Verfahren. Man hat hier in anatomischer Hinsicht namentlich auf die Veränderungen in der Ausbildung der Gewebe, auf stattgefundene Resorptionen u. s. w. zu achten. In morphologischer Beziehung wird die Gestalt und die Art des Aufspringens der Frucht wichtig, auch hat man die Veränderungen der übrigen Blüthentheile, ob sie bald nach der Blüthe abfallen, oder ob sie verbleiben und welchen Antheil sie an der Bildung der Frucht oder des Fruchtstandes nehmen, zu berücksichtigen.

h) Der reife Same wird ähnlich wie die Samenknospe untersucht; in morphologischer Beziehung hat man auf seine Gestalt und auf die Beschaffenheit seiner Aufsenfläche zu sehen. Durch dünne Querschnitte und Längsschnitte überzeugt man sich von den Veränderungen des einfachen oder doppelten Integuments zur Samenschaale; vom Vorhandensein oder Fehlen des vormaligen Knospenkernes, dessen Gewebe, wenn es in der Frucht vorhanden ist, als Perisperm bezeichnet wird (Nymphaeaceae); von dem Vorhandensein oder Fehlen des Sameneiweifses oder Endosperms, eines im Innern des Embryosacks entstandenen Parenchyms (Euphorbiaceae, Rhinanthaceae), und endlich von der Beschaffenheit der Zellen des Embryon selbst. Bei diesen Untersuchungen ist der Inhalt der Zellen durch Jod und Chlorzink-

Jodlösung zu prüfen. Aus dem reifen Samen kann man in der Regel über die zur Blüthezeit vorhandene Zahl der Knospenhüllen nichts erfahren.

Für das Embryon selbst und dessen Lage im reifen Samen ist eine Theilung des letzteren in zwei gleiche Hälften, desgleichen ein nicht allzu dünner Querschnitt oftmals vortheilhaft; harte Samen erweicht man zweckmäfsig durch 24stündiges Liegen in Wasser. Nicht selten wird auch ein Freipräpariren des ganzen Embryon aus dem Samen wünschenswerth sein; man wird denselben in schwierigen Fällen mit auffallendem Licht unter schwacher Vergröfserung von mehreren Seiten betrachten und auf die mannigfachste Weise beleuchten müssen. Das Embryon der dicotyledonen Pflanzen wird selten für die Untersuchung schwierig sein; man unterscheidet bei ihm die Achse desselben, d. h. den ungetheilten Körper, welcher in der Richtung des Knospenmundes als Würzelchen, an dem anderen Ende dagegen zwischen den beiden Samenlappen als Stammknospe (Plumula) endet und die beiden Samenlappen, welche aus dieser Achse hervorgehen; viele Coniferen (Pinus, Abies, Picea, Larix) haben mehr als zwei Samenlappen; die beiden Samenlappen der Linde (Tilia) sind nur tief getheilt; die Orobanchen, Monotropa, und unter den Monocotyledonen

Fig. 36.

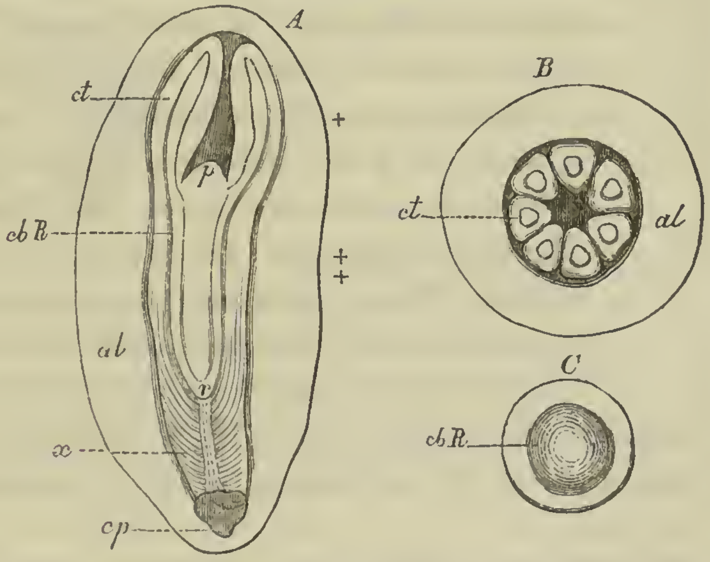


Fig. 36. Der Kern, d. h. das Sameneiweifs mit dem Keim, des Samens der Kiefer (Pinus silvestris). *A* Im Längsschnitt; *al* Sameneiweifs, *cbR.* Verdickungsring, *ct* Samenlappen, *cp* Corpusculum, *x* Wurzelhaube. *B* Ein Querschnitt in der Höhe von +. *C* Ein Querschnitt in der Höhe von ‡. Das Sameneiweifs ist entfernt. Die Bezeichnungen wie bei *A*. (Vergröfserung 30mal).

die Orchideen, besitzen dagegen gar keine Samenlappen. Die Stammknospe (Plumula) des Embryon ist bei einigen Pflanzen sehr entwickelt

Fig. 37.



(bei Tropaeolum sind schon 2 Blätter vollständig angelegt) bei anderen ist sie dagegen nur als kleiner Hügel zwischen den Samenlappen vorhanden, (Pedicularis, Impatiens, Hippuris); der Keim der Wallnufs besitzt aufser 2 angelegten Fiederblättern noch 2 Längsreihen von Achselknospen. Die Radicula aller von mir untersuchten dicotyledonen Pflanzenkeime ist mit einer Wurzelhaube versehn (als Beispiel die Nadelhölzer), Mark und Rinde sind bei allen durch den Cambiumring geschieden (Fig. 36), ja in manchen Fällen (bei der Eiche und Wallnufs) sind im Keim schon einige Gefäfse vorhanden. Das Embryon der monocotyledonen Pflanzen bietet der Untersuchung in der Regel gröfsere, oft nur durch die Entwickelungsgeschichte zu beseitigende Schwierigkeiten. Gelungene Längsschnitte sind hier sehr wichtig; bei den Gramineen erkennt man durch sie die Entwickelung der Nebenwurzeln. Das Radiculaende des Keimes wird hier nämlich nicht zur Wurzel, den Monocotyledonen fehlt deshalb die eigentliche Pfahlwurzel. Die Scheide, aus welcher die junge Pflanze hervortritt, ist als das erste Blatt derselben zu betrachten; bei einigen Palmen bleiben 2 und 3 Blätter scheidenartig (Fig. 37).

Ein fortbildungsfähiges Gewebe, welches bei Monocotyledonen unter der Plumula liegt, bezeichne ich als Keimlager (F. 38 *C. x*); aus demselben

Fig. 37. Der runde Same der Chamaedorea durchschnitten vor und im Beginn der Keimung, desgleichen ein Längsschnitt durch die Mitte des Keimes vor der Keimung (25mal vergröfsert), endlich eine Keimpflanze, welche bereits das vierte Blatt (*e*) entfaltet hat; *a* der Vegetationspunkt der Stammknospe, *b* das erste, *c* das zweite, *d* das dritte, *e* das vierte Blatt; *al* das Sameneiweifs, *ct* der Samenlappen, *em* der Keim.

entspringen die Gefäfsbündel, die ersten Nebenwurzeln gehen gleichfalls aus ihm hervor, so bei den Gräsern und bei den Palmen.

Fig. 38.

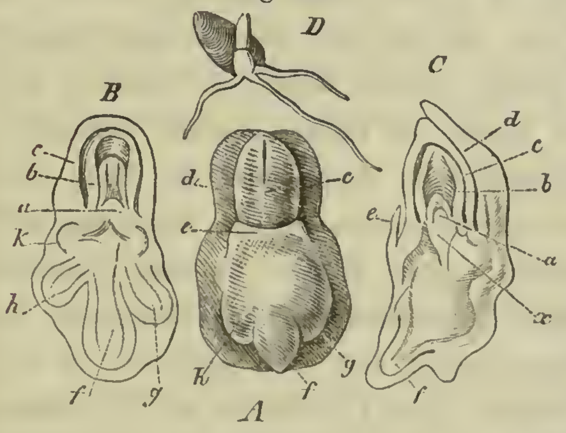
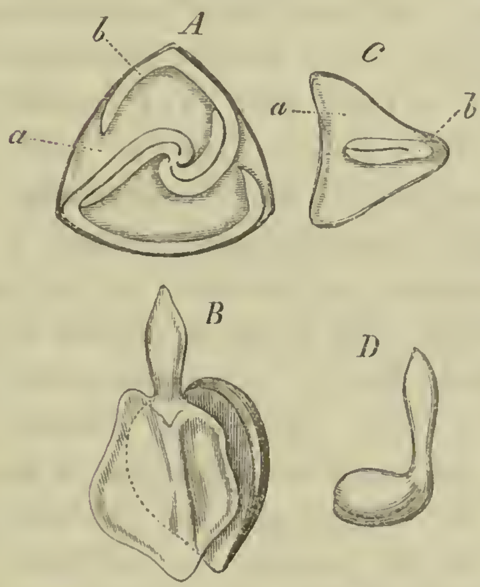


Fig. 39.



Die Gestalt und die Lage des Embryon im Samen, desgleichen das Vorhandensein oder Fehlen des Sameneiweifses sind für die systematische Botanik sehr wichtig (Fig. 39).

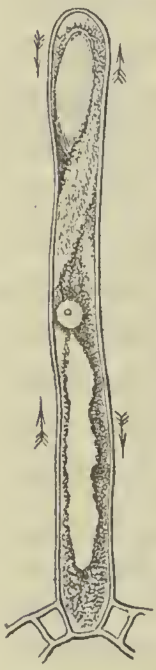
Die Bewegung des Protoplasma möchte hier am passendsten ihren Platz finden, man sieht sie nicht bei allen Pflanzen, obschon sich vermuthen läfst, dafs sie in allen lebhaft vegetirenden Pflanzenzellen vorkommt. Am einfachsten ist sie in den Wurzelhaaren von Hydrocharis Morsus ranae. Man mufs die Pflanze an einem warmen Sommertage möglichst frisch benutzen; die Wurzelhaare, welche schlaff herunter hängen, zeigen keine Strömung, dagegen vermifst man sie bei denjenigen, welche wagerecht von der langen dünnen Wurzel abstehen, selten. Man bringt

Fig. 38. *A* Der Keim eines Grassamens (Agropyrum fastuosum) von oben gesehen. *B* als Längsschnitt von Oben. *C* als Längsschnitt von der Seite. *a* der Vegetationskegel der Stammknospe (die Plumula), unter welcher schon 3 Blätter entstanden sind, *c* das erste dieser Blätter, (welches auf dem Querschnitt nur 2 Gefäfsbündel zeigt), aus dessen Spalte beim Keimen der junge Halm hervortritt, und welches als Scheide (Coleopyle) verbleibt, *b* das zweite Blatt, welches sich gleich den folgenden vollständig ausbildet, *d* der Samenlappen, *e* ein Theil desselben, aus welchem *c* hervortritt, *f, g, h, k,* Nebenwurzeln, *x* das Keimlager unter dem Vegetationskegel, (10 mal vergröfsert). *D* ein keimendes Samenkorn: die Nebenwurzeln *f, g, h* sind schon hervorgetreten.

Fig. 39. *A* u. *B* Polygonum Fagopyrum, *C* u. *D* Polygonum Convolvulus, *A* u. *C* Querschnitte durch den reifen Samen, *a* das Sameneiweifs (Endosperm), *b* der Keim. *B* u. *D* der Keim aus dem Sameneiweifs vorsichtig herausgelöst. (8 mal vergröfsert).

ein Stück der letzteren in Wasser unters Mikroskop, legt ein Deckglas auf und betrachtet ein bestimmtes Haar anhaltend und aufmerksam. Selten braucht man lange zu warten; die Bewegung scheint zu Anfang manchmal gestört zu sein, sie tritt dann meistens nach einigen Minuten wieder hervor. Der Strom verläuft längs der Wandung der Zellen, man sieht ihn an der Spitze des Haares deutlich umbiegen. Auch das junge Blatt von Hydrocharis, desgleichen das Blatt von Stratiotes aloides und Valisneria spiralis zeigen dieselbe Bewegung auf dünnen Schnitten; bei Valisneria werden gröſsere Chlorophyllkörner von dem Strom mit fortgeführt. Complicirter ist die Bewegung in den Staubfadenhaaren von Tradescantia; dort sind gröſsere, an der Wandung verlaufende und kleinere, vom Cytablasten zur Wandung gehende Ströme sichtbar, die Richtung der letzteren ändert sich häufig, sie brechen ab und es entstehen neue. Die Haare junger Fruchtknoten von Oenothera und Clarkia zeigen ähnliche Strömungen (Fig. 40). W a r m e h e l l e T a g e u n d g a n z f r i s c h e P f l a n z e n s i n d f ü r d i e s e B e o b a c h t u n g e n n o t h w e n d i g. Die Saftbewegung in den Parenchymzellen, z. B. aus der Schneebeere (Symphoricarpos racemosa), in den jüngsten Endospermzellen von Pedicularis u. s. w. ist viel seltener zu beobachten; hier kommt es zunächst auf einen glücklich getroffenen Zustand an. So beobachtete ich, f r e i l i c h n u r z w e i m a l, aber in der gröſsesten Vollkommenheit, eine sehr complicirte Saftstörung in der vorderen Aussackung des Embryosacks von Pedicularis silvatica, auf welche ich alle geübteren Forscher besonders aufmerksam machen will, weil selbige wahrscheinlich über die Abscheidungsweise des Zellstoffes werthvolle Aufschlüsse liefern wird. Während nämlich um die Zeit der Befruchtung dieses Stromnetz sichtbar ist, zeigt sich später an seiner Stelle ein entsprechendes Netz von Zellstofffäden.

Fig. 40.



Wer die Protoplasmaströmung nur ein paarmal mit A u f m e r k s a m k e i t beobachtet hat, überzeugt sich leicht, daſs hier von keinem Gefäſssystem im Innern der Zelle die Rede sein kann; man erkennt vielmehr, daſs die Bewegung von einer Flüssigkeit herrührt, die von dem übrigen flüssigen Zellinhalt verschieden ist und sich nicht mit

Fig. 40. Haar des jungen Fruchtknotens einer Nachtkerze (Oenothera muricata). Die Pfeile zeigen die Richtung des Stromes. (200mal vergröſsert).

selbigem vermischt. Jod, sowie Jod und Schwefelsäure färben die strömende Flüssigkeit gelb, die Bewegung hört alsdann natürlich auf, dagegen hindert ein Zusatz von Zuckerwasser in manchen Fällen, z. B. bei Chara, die Saftströmung nicht; der gesammte körnige Zellinhalt zieht sich in der Regel etwas zusammen, er trennt sich von der Wand und die Strömung wird langsamer.

II. Untersuchungsgang für die Entwickelungsgeschichte.

Für die Entwickelungsgeschichte ist es, wenn sie wirklich wissenschaftlichen Werth besitzen soll, nothwendig, bis auf das erste Entstehen einer Pflanze oder eines Pflanzentheiles zurückzugehen. Die Entwickelungsgeschichte des Embryon hat deshalb das Entstehen der ersten Zelle desselben mit Sicherheit nachzuweisen; die Entwickelungsgeschichte der Blüthe mufs deshalb mit dem Auftreten der Blüthenaxe als einfaches, rundes, zelliges Körperchen beginnen. Wenn sie nicht so weit zurückgeht und nicht von diesem Punkte aus, ohne Ueberspringung wichtiger Momente, sicher vorwärtsschreitet, so ist sie unvollständig und in manchen Fällen unzureichend; wo sie dagegen vollständig ist, d. h. wo sie durch eine Reihe einander folgender Entwickelungsstufen gesichert ist, da wird sie für die Wissenschaft von grofsem Nutzen, ja oft der einzige Weg zur richtigen Deutung. Für die Entwickelungsgeschichte sind immer nur ganz frische Pflanzen brauchbar.

Den Gang der Entwickelungsgeschichte für die einzelnen Gruppen der Kryptogamen zu bezeichnen, würde, bei der Mannigfaltigkeit derselben, nicht allein langweilig, sondern auch kaum ausführbar sein. Ich habe in der ersten Hälfte dieses Abschnittes bei ihnen schon auf die Hauptsachen hingewiesen und will hier nur kurz dasjenige erwähnen, was ich gegenwärtig zur Förderung der Wissenschaft als Gegenstände der Untersuchung namentlich empfehlen möchte. Dahin gehören zunächst: Keimungsgeschichten sämmtlicher Kryptogamen. Man wird sich hier die Arbeiten von Hofmeister, Mettenius und Milde als Vorbild nehmen können. Durch genannte Forscher sind zwar die wichtigeren anatomischen Fragen bereits entschieden, aber dennoch ist zur Zeit das Verhältnifs der Schwärmfäden zur freien Zelle im Innern des

Pistills oder Keimorgans noch nicht genügend aufgeklärt. Auch die Gestalt und die Entwickelungsweise der Schwärmfäden der verschiedenen Pflanzengruppen könnte noch mancherlei Interessantes liefern. Selbst die Bildung der Frucht innerhalb des Pistills oder das Entstehen der jungen Pflanze innerhalb des Keimorgans, desgleichen die Entwickelung der Sporen innerhalb der Sporenfrüchte oder Sporangien; bei den Farrenkräutern endlich das Vorkommen von Brutknospen, das Entstehen derselben und deren Entwickelung zur jungen Pflanze dürfte bei vergleichender Untersuchung noch sehr lehrreich werden.

Aufser den genannten Fragen würden, nach der Eigenthümlichkeit der Gruppen, ja nach der Eigenthümlichkeit der Gattungen, hier noch viele interessante Aufgaben zu stellen sein.

Für die Algen im allgemeinen ist z. B. durch die neueren Forschungen die Bedeutung der Sporen sehr wichtig geworden. Man kennt bereits für viele Algen mehrere, unter sich durchaus verschiedene Sporenarten, welche man zunächst als Schwärmsporen und als ruhende Sporen unterscheidet. Die Schwärmsporen (Fig. 41) entstehen zu 1 (bei Oedogonium) häufiger jedoch in gröfserer Anzahl (Ulothrix, Achlia) innerhalb einer Mutterzelle, sie sind mit schwingenden Wimpern besetzt, deren Zahl und Stellung an der Spore bestimmt ist. Die Schwärmspore von Vaucheria ist z. B. über ihre ganze Fläche mit Wimpern bekleidet, die Spore von Oedogonium trägt zahlreiche Wimpern gleich einer Bürste auf einem Fleck versammelt, andere haben wiederum nur 4 oder 2 (Chlamidococcus) schwingende Wimpern neben einander. Die Schwärmsporen treten meistens mit einander aus einem Rifs der Mutterzelle hervor, sie bewegen sich längere oder kürzere Zeit, nach der Art verschieden, im Wassser des Objectträgers; die Bewegung wird allmälig langsamer, die Spore verlängert sich, sie keimt, die Wimpern verschwinden, aus ihr wird eine neue Alge. Diese höchst interes-

Fig. 41.

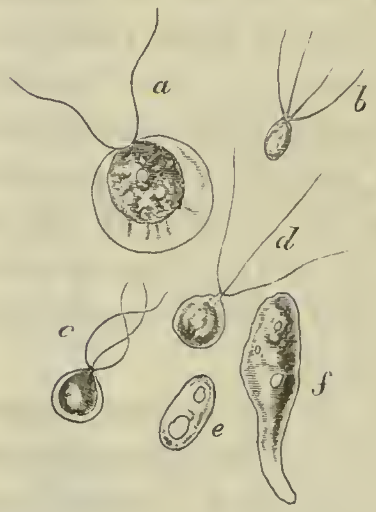


Fig. 41. Schwärmsporen einiger Algen; *a* von Chlamidococcus pluvialis, *b* von Stigeoclonium, *c* bis *f* von Ulothrix; *e* u. *f* im Beginne der Keimung. (400 mal vergröfsert).

santen Untersuchungen sind nur im Sommer anzustellen; bei Chlamidococcus pluvialis, den man trocken jahrelang in Papier verwahren kann, gelingt es jedoch auch im Winter, die Bildung und Keimung der Schwärmsporen zu beobachten. Man bringt zu dem Ende eine kleine Probe der eingetrockneten grün oder roth gefärbten Masse; welche aus dieser einzelligen Pflanze besteht, in ein Uhrschälchen mit Wasser und läfst selbige im warmen Zimmer dem Licht ausgesetzt stehen; schon nach etwa 2 Tagen beginnt das Ausschlüpfen der Schwärmsporen, welches man in den ersten Morgenstunden, oder wenigstens am Vormittag häufiger als Nachmittags und Abends, wahrnehmen wird. Aufser diesen eigentlichen Schwärmsporen, deren Keimung in den meisten Fällen bekannt ist, finden sich unter Umständen noch kleinere, ebenfalls bewegliche Zellen, die sogenannten Mikrogonidien, deren Bedeutung für die Pflanze man bis jetzt nicht kennt, und welche vielleicht den kleineren Zellen in den sogenannten Antheridien der Pilze, Flechten u. s. w. entsprechen. Durch die ruhende Spore der Spirogyra, welche durch sogenannte Copulation zweier Fäden entsteht, überwintert die Pflanze; im Sommer vermehrt sie sich durch Ablösung einzelner Zellen, welche zur selbstständigen Pflanze werden, wahrscheinlich aufserdem noch durch Schwärmsporen. Dasselbe Verhältnifs scheint mehrfach zwischen den Schwärmsporen und den ruhenden Sporen stattzufinden. Durch erstere, welche sofort keimen, vermehrt sich die Alge im Sommer, durch die anderen, welche in der Regel erst im Herbst entstehen, überwintert dieselbe (so bei Oedogonium und bei Ulothrix).

Bei den Pilzen und Flechten ist, wie schon erwähnt (p. 83), gleichfalls auf die verschiedenen Arten der zur Fortpflanzung dienenden Zellen zu achten. Derartige Untersuchungen sind immer nur zur geeigneten Zeit anzustellen.

Für die höheren Algen wäre ferner z. B. die Art ihres Wachsthums und insbesondere die Art der Verdickung ihres perennirenden, vom Haftorgan ausgehenden Stockes zu erforschen; für die Pilze wäre namentlich auf das Verhalten ihrer Zellmembran im jungen und im alten Zustande gegen chemische Agentien zu achten; die Membran der Pilze verholzt z. B. bei Polyporus. Für die beblätterten Lebermoose wäre eine Entwickelungsgeschichte des sogenannten Kelchs, für den nur einige genaue Untersuchungen vorhanden sind, wünschenswerth; für alle mit Stamm und Blättern versehene Kryptogamen würde

aufserdem eine vergleichende Entwickelungsgeschichte ihres Stammes und ihrer Blätter jedenfalls willkommen sein.

Das Keimen der Farrnkräuter bewirkt man am besten durch gröblich zerschnittene Stücke eines reife Sporen tragenden Blattes, die man in einem flachen irdenen Gefäfs auf Torf oder Gartenerde legt und mit einer Glastafel bedeckt; die Erde mufs hinreichend feucht erhalten und das Gefäfs an einem mäfsig warmen schattigen Ort aufgestellt werden. Nach vierzehn Tagen bis fünf Wochen pflegen die Sporen zu keimen (Pteris serrulata keimt besonders leicht), ein grüner Anflug ist das erste Wahrzeichen der Keimung. Man hebt einige Sporen heraus und spült sie ab. Die Antheridien sind an den jüngeren Exemplaren oft am schönsten zu beobachten. Wenn der Vorkeim blattartig geworden ist, macht man Querschnitte zwischen Kork; dies ist namentlich für das Keimorgan und dessen Entwickelungsgeschichte wichtig; das Keimorgan ist anfangs geschlossen, es öffnet sich erst später*) (Fig. 42). Die sichere Beobachtung des Entstehens der ersten Zelle innerhalb dieses Keimorgans und das Verhalten der Schwärmfäden zu derselben würde für die Wissenschaft höchst wünschenswerth sein. Für die Spiralfäden wird ihre Entwickelung, ihr Entschlüpfen aus den Antheridien

Fig. 42.

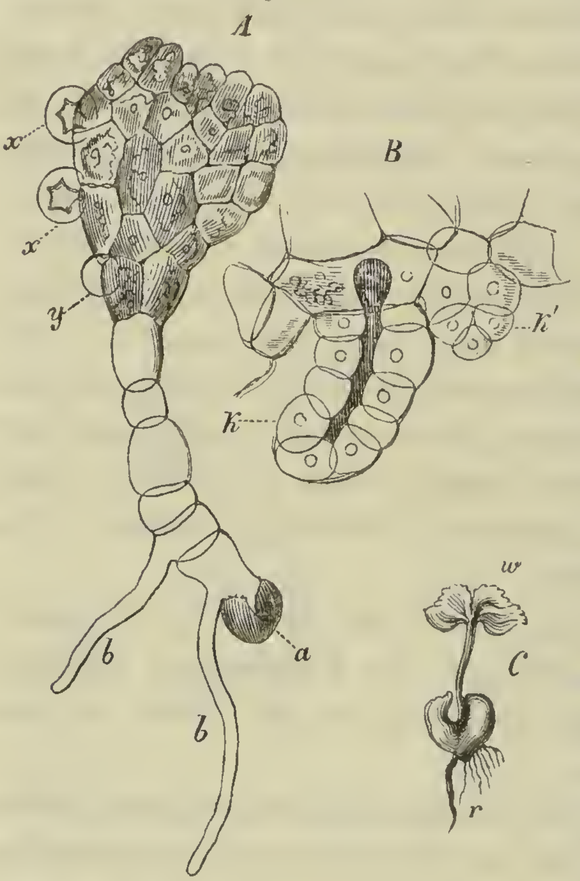


Fig. 42. Keimung eines Farrenkrautes (Pteris serrulata); *A* der Vorkeim aus der Spore hervorgegangen; *a* die Spore, *b* Wurzelhaare, *x* u. *y* Antheridien. (80 mal vergröfsert). *B* Theil eines Längsschnittes durch einen weiter entwickelten Vorkeim; *k* ein Keimorgan, dessen Halstheil sich noch nicht geöffnet hat, *k'* ein ganz junges Keimorgan. (200 mal vergröfsert). *C* die junge Pflanze mit ihrem Vorkeim in natürlicher Gröfse; *w* der erste Wedel, *r* die erste Wurzel.

*) Linnaea. Jahrg. 1849, p. 751 u. ff.

und aus den Zellen, die Zahl ihrer Windungen, deren Wimperbekleidung, desgleichen die Art ihrer Bewegung und ihr Verhalten zu den chemischen Agentien wichtig (vergl. Fig. 19, p. 86). — Die Lebermoossporen keimen meistens leicht auf weifsem feuchten Sand unter einer Glasglocke (Pellia keimt schon in wenig Tagen); die mit einer doppelten Haut versehenen Sporen brauchen etwas längere Zeit. Die Sporen von Equisetum keimen nur, wenn sie ganz frisch aus der Fruchtkapsel fallen; sind sie trocken geworden, so keimen sie nicht mehr.

Die Entwickelung der Pistille verfolgt man bei Laub- und Lebermoosen in der Regel am besten auf dünnen Längsschnitten durch die Mitte des jungen Stammes; man findet sie, wie das Keimorgan der Farrenkräuter anfänglich immer geschlossen, erst später öffnen sie sich an ihrer Spitze. Für die Entwickelung der Sporenfrucht und der Sporen sind dünne Längs- und Querschnitte durch die jüngsten Fruchtanlagen bis zur reifen Frucht nothwendig, die Anwendung der Reagentien wird hier sehr wesentlich sein. Blasia und Pellia sind für die Entwickelungsgeschichte der Sporen sehr geeignet. Für das Entstehen der Brutknospen ist die Umwandlung der einzelnen Zellen der Mutterpflanze und deren weitere Entwickelung zur Brutknospe durch Längs- und Querschnitte oder durch sorgfältiges Ablösen der betreffenden Theile zu erforschen. (Bei Blasia bleiben die Brutknospen noch eine Zeit lang durch einen mehrgliederigen Zellenstiel mit der Mutterpflanze verbunden). Bei den Lebermoosen sind die Pistille immer früher als der Kelch vorhanden, die Bildung des letzteren scheint nur, wenn eine Fruchtanlage im Innern des Pistills entstanden ist, zu erfolgen; der Kelch entsteht nicht aus verwachsenen Blättern, er erhebt sich als ein ringförmiger Wulst um die Pistille. (Liochlaena lanceolata, Frullania dilatata). Für alle diese Untersuchungen wird das Präparirstativ sehr gute Dienste leisten.

Die Entwickelungsgeschichte des Stengels und Blattes der Kryptogamen, desgleichen ihrer Gefäfsbündel, verlangt denselben Untersuchungsgang wie die betreffenden Theile der Phanerogamen.

Methode für die Entwickelungsgeschichte des Stammes, der Wurzel und der Blätter, desgleichen der Gefäfsbündel in ihnen.

Für die Entwickelungsgeschichte des Stammes und der Blätter kann man zwei Wege wählen; der erste beschäftigt sich mit der kei-

menden Pflanze, der andere mit der Untersuchung der Knospe und des jungen Zweiges; zur Erreichung eines recht sicheren Resultates ist es zweckmäfsig, beide Wege zu verfolgen. Für beide Untersuchungen sind zunächst recht dünne Längsschnitte senkrecht und zwar genau durch die Mitte der Stammspitze geführt, nothwendig. Wenn der Schnitt so ist, wie er sein mufs, so wird man die Stammspitze, gleichgültig ob von einem Keimling oder aus einer Knospe, als kleine mehr oder weniger kegelförmige, von einem Epithelium bekleidete, vollkommen geschlossene Erhebung und unter derselben ein aus kleinen, mit körnigen Stoffen erfüllten Zellen bestehendes Gewebe, dessen Inhalt sich durch Jod hochgelb färbt, finden. Dieses Gewebe verliert sich etwas tiefer in die verschiedenen Gewebe des Stammes, es steht demnach auch mit dem Cambiumring in direktem Zusammenhang. In letzterem entstehen aber die ersten Gefäfsbündel und durch ihn bilden sie sich weiter, deshalb zeigt sich am Zweig, der sich von unten nach oben entwickelt, nach abwärts eine weitere Ausbildung der Gefäfsbündel, was sich bei der Entfaltung der Zweigknospen unserer Laubbäume so schön nachweisen läfst. Bei einem sehr gelungenen Längsschnitt durch die Spitze eines jungen Zweiges kann man deshalb das Alter der Zellen genau studiren; um so tiefer selbige liegen, um so mehr sind sie, sowohl in ihrer Länge und Breite als auch in dem Grade ihrer Verdickung entwickelt; je weiter nach der Spitze, um so unentwickelter, um so jünger sind dagegen dieselben. Behandelt man einen solchen Schnitt mit Jod und Schwefelsäure, so färben sich die unteren Theile desselben augenblicklich blau, nach der Spitze zu erfolgt diese Färbung erst ganz allmälig und durch die verschiedensten Nüanzen von Gelb, durch Roth und Violett zu Blau; das kegelförmige Ende des Stammes wird oftmals erst nach einigen Stunden blau gefärbt.

Unter diesem kegelförmigen Stammende (dem Vegetationskegel oder dem Punctum vegetationis) sieht man bei ganz gelungenen Schnitten zu beiden Seiten andere kleine zellige Erhebungen, die mit demselben Epithelium wie der Vegetationskegel bekleidet sind, und die aus denselben Zellen wie das Gewebe des letzteren bestehen. Je weiter man am Stamm abwärts geht, um so mehr entwickelt erscheinen diese Erhebungen; man erkennt sehr bald in ihnen die Anfänge der Blätter.

Häufig erscheint bald nach dem Auftreten dieser Blattanfänge und zwar in der Achsel derselben, eine ähnliche warzenförmige Erhebung,

welche zur Achselknospe wird. Das Blatt entwickelt sich in der Regel unverzüglich, seine Achselknospe ruht dagegen längere oder kürzere Zeit, und entfaltet sich dann erst zum Zweig oder zur Blüthe. Die Spitze des Blattes stirbt darauf frühzeitig ab, sie wird zum Endzahn desselben. Während sich bei dicotyledonen Blättern der Mittelnerv und nach beiden Seiten die Blattfläche entwickelt, hört deren Rand ebenfalls früher auf neue Zellen zu bilden, er wird gezähnt, gesägt u. s. w. Die Hauptseitennerven entstehen vom Mittelnerv aus, die Seitennerven zweiter Ordnung und die Zwischennerven entspringen nach einander; erst wenn die ganze Blattfläche mit allen ihren Theilen angelegt ist, wächst sie, wie es scheint, zunächst durch Zellenausdehnung. — Für die Entwickelungsgeschichte der Blätter wählt man die Knospen, und entblättert dieselben zum Theil bis zum Vegetationspunkt, was zuletzt unter dem einfachen Mikroskop geschehen mufs, man erhält so die verschiedenen Entwickelungsstufen des Blattes nach einander; dicht unter dem Vegetationskegel liegen natürlich die jüngsten Blätter. Längsschnitte durch die Mitte der Knospe sind ebenfalls für die Entwickelungsgeschichte der Blätter nothwendig. Man hat darauf zu achten, dafs ein solcher Längsschnitt genau die Mitte des Vegetationskegels trifft, weil schiefgeführte Schnitte leicht zu Irrthümern Veranlassung geben.

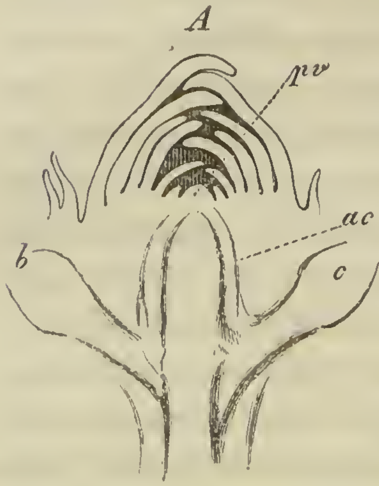
Bei der Entwickelung des Blattes hat man auf die bereits angegebenen Momente und auf die Wachsthumsart zu achten*). Die Spitze des Blattes ist in allen Fällen der Theil desselben, welcher zuerst aufhört, sich durch Zellenvermehrung weiter fortzubilden. Auf das Entstehen der Achselknospen ist gleichfalls bei der Blattentwickelung zu merken; es scheint nämlich, als ob alle Achselknospen bald nach der Anlage ihrer Stützblätter angelegt werden. Endlich ist auf die Ausbildung der Blattnerven und des Blattstiels zu sehen.

Eine Achselknospe besteht anfänglich aus einer kegelförmigen Erhebung, dieselbe verlängert sich, sie wird zum Stammtheil der Knospe, unter ihrer Spitze entstehen Blattanlagen, welche in der Regel zu Deckschuppen der Knospe werden (Fig. 43); so ruht dieselbe kürzere oder längere Zeit, dann bildet ihr Stammtheil neue Blätter, die entweder längere oder kürzere Zeit unter dem Schutz der Deckschuppen

*) Man vergleiche den Abschnitt I. meiner Beiträge zur Anatomie und Physiologie: Ueber die Entwickelungsgeschichte der Blätter.

verweilen (bei den Laub- und Blüthenknospen, welche überwintern) (Fig. 44), oder welche sofort hervorbrechen und sich vollständig ausbilden (bei den Blatt- und Blüthenknospen der einjährigen Pflanze, wo deshalb auch die eigentlichen Deckschuppen fehlen). Die Blüthenknospen sind anfänglich von den Blattknospen nicht zu unterscheiden.

Fig. 43.



Aufser der Endknospe und der Achselknospe kennen wir noch die eigentliche Nebenknospe, welche am Cambiumring des Stammes oder der Wurzel entspringt oder sich im Blattparenchym, z. B. bei Bryophyllum und vielen Farrenkräutern bildet und die ebenfalls zu Anfang aus einer kleinen kegelförmigen Erhebung besteht, und die Theilungsknospe, welche der Theilung des Vegetationskegels ihr Entstehen verdankt. Durch die letzte Art der Knospenbildung verzweigt sich der Stamm von Selaginella, ferner das Rhizom von Epipogum und von Corallorhiza. Statt dafs der Vegetationskegel eines Zweiges als einfacher Zweig fortwächst, spaltet er sich hier in 2 oder mehrere Theile, deren jeder zum besonderen Zweige wird. Die beiden Blüthen in der Cupula der Buche*)

Fig. 44.

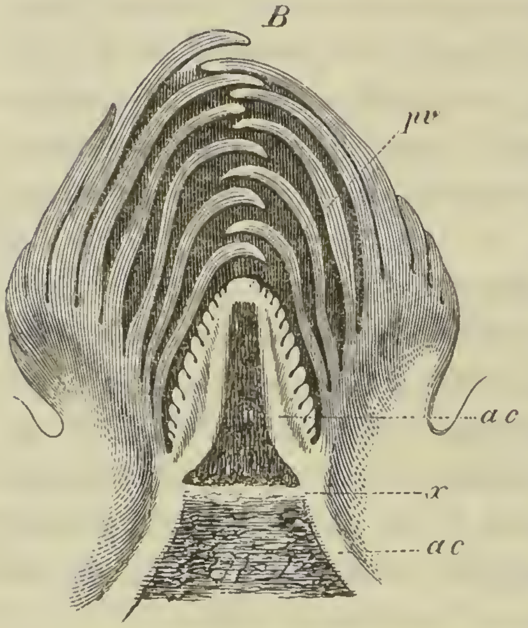


Fig. 43. Längsdurchschnitt durch die Endknospe eines Tannenzweiges, am 27. Juli untersucht; *ac* der Verdickungsring des Zweiges, *b* u. *c* das Mark, den beiden Seitenknospen angehörig, *pv* der Vegetationspunkt der geschlossenen Knospe. (Vergröfserung 12 mal).

Fig. 44. Längsschnitt durch die Endknospe eines Zweiges derselben Tanne, am 26. August untersucht; *ac* der Verdickungsring, *pv* der Vegetationspunkt der Knospe, auf dem jungen Trieb des kommenden Jahres, *x* die Grenze zwischen dem jungen Trieb und dem Zweig. (Vergröfserung 12 mal).

*) Man vergleiche den Abschnitt III. meiner Beiträge zur Anatomie u. s. w. über die Entwickelungsgeschichte der Cupuliferenblüthe.

entstehen ebenfalls auf diese Weise. Für die Entwicklungsgeschichte der Knospen sind die Zeitbestimmungen unerläfslich; man erfährt daraus, wie lange eine Knospe braucht, um, nachdem sie mit dem Blatte, in dessen Achsel sie auftritt, angelegt ist, sich zum Zweig oder zur Blüthe zu entfalten, und findet alsdann nach den verschiedenen Pflanzen wesentliche Verschiedenheiten. So wird die Knospe, welche den Zapfen der Tanne bildet, schon 2 Jahre früher, im Spätsommer mit der Nadel, in deren Achsel sie auftritt, angelegt, im Frühjahr darauf bildet sie ihre Deckschuppen, im Sommer entsteht unter dem Schutz derselben die Anlage zum Zapfen, im folgenden Frühjahr bricht derselbe aus seinen Deckschuppen hervor und entwickelt sich im Sommer zum Zapfen*). Selbst zwei Knospen, welche neben einander in der Achsel eines und desselben Blattes entstehen, entfalten sich bei vielen Pflanzen in verschiedener Weise und zu verschiedener Zeit, so bei der Linde und beim Weinstock.

Für die Untersuchung aller Knospen sind aufserdem Längsschnitte und Querschnitte nothwendig. Durch den Längsschnitt erfährt man den Zusammenhang der Gefäfsbündel der Knospe mit den Gefäfsbündeln des Stammes oder der Wurzel, aus denen sie hervorgeht; durch Querschnitte lernt man dagegen die Stellungsverhältnisse der Blätter und die Blattlage in der Knospe kennen.

Führt man dünne Querschnitte dicht unter dem Vegetationskegel eines jungen Zweiges, so wird man bei dicotyledonen Pflanzen zuerst einen Ring zartwandiger Zellen gewahr, welcher Mark und Rinde scheidet; etwas tiefer erblickt man in diesem Ringe, den ich Cambiumring oder Verdickungsring nenne, und der schon im Keime der Dicotyledonen vorhanden ist, mehrere getrennte Gefäfsbündel, deren Holzkörper dem Mark, deren Cambium dagegen der Rinde zugewendet ist. Diese Gefäfsbündel sind durch ein oft sehr breites Parenchymband getrennt. Im ganz jungen Zustande sind die Holz- und Gefäfszellen kaum vom Cambium zu unterscheiden, Bastzellen sind meistens noch gar nicht vorhanden; etwas später sondern sich die Theile schärfer, es treten an der Aufsenseite des Cambiums Bastzellen auf, die Gefäfsbündel breiten sich aus, das Parenchym, das sie anfänglich trennte, verschwindet bis auf einen geringen Ueberrest, den wir in den Mark-

*) Man vergleiche hierüber Abschnitt XI. meiner Beiträge zur Anatomie u. s. w. Ueber die Entwickelung der Knospen bei den Coniferen.

strahlen wiedererkennen. Jetzt ist ein geschlossener Holzring entstanden, der alljährlich durch den Cambiumring im Umfang zunimmt, indem sich vom Cambium aus nach Innen neues Holz, nach Aufsen neue Rinde bildet. Bei den Kryptogamen und den Monocotyledonen, wo das Cambium der Gefäfsbündel nicht mit dem Cambiumring zusammenfällt (p. 71), wächst der Stamm zwar in die Dicke, aber seine Gefäfsbündel verdicken sich nicht, sie verzweigen sich dagegen im Verdickungsring; ihre Zahl vermehrt sich deshalb mit dem Alter und mit der Dicke des Stammes, so bei vielen Palmen. Wenn die Thätigkeit des Verdickungsringes aufhört, ist auch die Verdickung des Stammes oder der Wurzel beendigt.

Für die Bildung des jungen Holzes sind Quer- und Längsschnitte nach zwei Richtungen, im Frühjahr und Sommer angestellt, nothwendig, die Schnitte müssen äufserst dünn, namentlich mufs das Cambium recht glatt durchschnitten sein. Es ist vortheilhaft, diese Schnitte für einige Minuten in verdünnte Kalilauge zu legen, die Cambiumzellen werden dadurch häufig klarer, auch Oelsüfs möchte hier von Nutzen sein. In den jungen Holzzellen bei Pinus und Picea wird man sowohl eine deutliche Spirale, als das allmälige Entstehen der Tüpfel beobachten können.

Der vorhin für die Bildung des Stammes und der Blätter besprochene sehr dünne Längsschnitt aus der Spitze eines ganz jungen Zweiges giebt auch für das Entstehen der Gefäfsbündel genügend Auskunft. Man sieht, wie alle Theile derselben, Cambium, Holz, Gefäfse und Bastzellen aus dem kleinzelligen Gewebe unterhalb des Vegetationskegels hervorgehen; man kann, von diesem Punkte nach abwärts gehend, bei sehr gelungenen Schnitten die weitere Ausbildung dieser Zellen verfolgen, und besonders in den Gefäfszellen das ganz allmälige Auftreten ihrer eigenthümlichen Verdickungsschichten wahrnehmen. Man sieht ferner, wie eine Zellenvermehrung namentlich, ja vielleicht allein, in dem Gewebe unterhalb der Stammspitze und im Cambium der dicotyledonen Pflanzen erfolgt, wie dagegen das Wachsthum der vom Vegetationskegel entfernteren Theile, vornehmlich in einem Gröfserwerden der Zellen und zwar besonders in einer Längsstreckung derselben beruht. — *Zellenvermehrung und Zellenausdehnung sind überhaupt zwei wesentlich verschiedene Dinge, welche man für die Entwickelungsgeschichte sehr genau unterscheiden mufs.*

Wo junge Blätter entstehen, sieht man bei dicotyledonen Pflanzen und eben so bei den monocotyledonen Pflanzen, welche ich in dieser Beziehung untersucht habe (Epipogum, Goodyera), an der Aufsenseite des Gefäfsbündels das Entstehen eines Gefäfsbündelzweiges, der sich ins Parenchym des jungen Blattes verliert und sich mit demselben weiter ausbildet. Durch die Gefäfsbündel der Blätter entstehen die Blattnerven; die Art und Weise wie sie sich in der Blattfläche zertheilen bedingt die Art der Nervatur des Blattes.

Die Gefäfsbündel stehen bei allen Pflanzen, wo selbige überhaupt vorhanden sind, in einem bestimmten Zusammenhang, welcher durch ihre Entstehung selbst bedingt wird. Es ist deshalb unrichtig den Stamm als aus verwachsenen Blättern entstanden, zu betrachten; die Entwickelungsgeschichte beweist das direkte Gegentheil. Beim dicotyledonen Embryon ist der einfache Centraltheil, die Achse, früher vorhanden, die beiden Samenlappen entwickeln sich erst zu beiden Seiten aus demselben, zwischen ihnen liegt die Plumula, welche dem Vegetationskegel der Stammspitze entspricht. Die beiden ersten Blätter sind hier somit aus dem Stamm, gewissermafsen durch Theilung desselben, nicht aber umgekehrt der Stamm durch Verwachsung zweier Blätter entstanden. Der weitere Verlauf der Entwickelungsgeschichte bestätigt ganz dasselbe; wo neue Blätter entstehen, bildet sich unter dem Vegetationskegel deren Anlage und gleichzeitig mit derselben gehen neue Seitenäste vom Gefäfsbündelring des Stammes ab, deren Fortbildung mit der Entwickelung der Blätter gleichen Schritt hält. Das Blatt empfängt somit seine Gefäfsbündel vom Stamm, aber niemals tritt aus dem Blatte ein neues Gefäfsbündel heraus, um sich mit den Gefäfsbündeln des Stammes zu verbinden. Ganz dasselbe gilt für das Entstehen neuer Knospen in den Achseln der Blätter und am Cambiumring des Stammes oder der Wurzel; die erste Anlage zur neuen Knospe und ebenso zur Nebenwurzel geht immer vom Gefäfsbündel der Achse aus; in der Achsenspitze sowie im Cambium der Gefäfsbündel des Stammes und der Wurzel, und zwar hier allein, liegt der Heerd der Neubildungen für Stamm- und Wurzelknospen.

Ich habe mich hier etwas länger verweilen müssen, weil mir dieser Punkt besonders wichtig erscheint. Man hat namentlich auf sehr gelungene Schnitte zu achten; die schiefen Schnitte haben, wie ich glaube, gerade hier manchen Irrthum veranlafst. Man hütet sich vor ihnen am besten, wenn man mit einem recht scharfen Rasirmesser möglichst

feine Längsschnitte durch die Stammspitze anfertigt und dieselben neben einander unters Mikroskop schiebt und nunmehr denjenigen herauswählt, welcher 1. vollkommen senkrecht durch den Stengel geführt ist und 2. genau die Mitte desselben darstellt. Der Vegetationskegel erscheint dann immer als kleiner Kegel; wo derselbe als solcher fehlt, da ist der Schnitt entweder nicht gerade oder nicht genau durch die Mitte gegangen. Ferner hat man hier vor allen Dingen Zellenvermehrung und Zellenvergröfserung scharf zu unterscheiden.

Für die Entwickelung der Wurzel gilt fast dasselbe als für den Stamm; auch die Wurzel wächst an ihrer Spitze, jedoch ist diese Spitze mit einer Wurzelhaube, d. h. mit abgestorbenen Zellschichten, bedeckt; sie kann deshalb nicht wie der Stamm, dessen Vegetationskegel unbedeckt ist, Blätter bilden. Die Entwickelung der Pfahlwurzel verfolgt man bei der Keimung dicotyledoner Pflanzen; die Entwickelung der Nebenwurzel beobachtet man dagegen bei der Keimung monocotyledoner Gewächse, desgleichen bei der Bildung von Nebenwurzeln am Stamm oder an der Wurzel. Die letztere verzweigt sich auf diese Weise; am Verdickungsring der Wurzel entsteht nämlich eine Wurzelknospe, welche die Rinde durchbricht und zum Wurzelzweig wird. Doch kann sich die Wurzelspitze auch theilen; dieser seltene Fall ist bei der getheilten Orchideenknolle und bei den eigenthümlichen Luftwurzeln der Cycadeen zu beobachten*).

Methode für die Entwickelungsgeschichte der Blüthe.

Die Entwickelungsgeschichte der Blüthe hat schon ungleich gröfsere Schwierigkeiten, als die Bildungsgeschichte des Stammes, der Wurzel und der Blätter; man hat bei der Kleinheit des Gegenstandes die Richtung des Schnittes nicht immer in seiner Gewalt, man mufs daher oftmals aus sehr vielen Schnitten diejenigen wählen, welche in der rechten Richtung getroffen sind. Um dies genau bestimmen zu können, mufs man schon einige Untersuchungen der Art gemacht haben. Bei unregelmäfsigen Blüthen wird die Sache noch ungleich schwieriger; aufserdem hält das Wachsthum der verschiedenen Blattkreise nicht immer gleichen Schritt, die Blumenblätter, obschon jederzeit früher als die Staubfäden angelegt, bleiben z. B. häufig in ihrer weiteren Entwickelung hinter letzteren zurück, und können deshalb bis-

*) Man vergleiche meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie p. 156—164.

weilen übersehen werden. Ich rathe deshalb jedem Anfänger, ehe er sich an die Entwickelungsgeschichte unregelmäfsiger Blüthen begiebt, sich zuvor durch gründliche Untersuchungen über die Entwickelung der regelmäfsigen Blüthe genau zu orientiren; als sehr geeignet für diese Untersuchungen empfehle ich aus eigener Erfahrung Oenothera, Clarkia, Epilobium. Man hat überhaupt, um sich die Sache zu erleichtern, Pflanzen mit ähren- oder rispenartigen Blüthenständen, ferner nur wenig behaarte Pflanzen zu wählen, weil der Längsschnitt durch die Mitte einer Blüthenähre in den Achseln der Deckblätter abwärts vom Vegetationskegel eine Reihenfolge von Entwickelungsstufen der Blüthe darbietet, und weil bei unbehaarten Blüthen die Beobachtung ungleich sicherer ist, da hier die Luft nicht stört, welche sich zwischen den Haaren anzusammeln pflegt und die erst durch Alkohol entfernt werden mufs, dessen Anwendung aber bei so jungen Gegenständen selten rathsam ist.

Es giebt auch hier zwei Wege der Untersuchung, 1. ein Freipräpariren der auf einander folgenden Stadien der Blüthenanlage unter dem einfachen Mikroskop und 2. die Darstellung höchst zarter, in bestimmten Richtungen geführter Längs- und Querschnitte durch den ganzen Blüthenstand. Ich mufs dem zweiten Verfahren entschieden das Wort reden, es führt, wie ich aus eigener Erfahrung weifs, viel rascher und viel sicherer zum Ziel, es gewährt einen viel genaueren Blick in die inneren Verhältnisse der Blüthe und ihrer Theile, es ist endlich bei einiger Uebung ungleich bequemer und leichter ausführbar. Beim Freipräpariren ist man, selbst bei der gröfsten Gewandtheit in Führung der Nadeln, niemals ganz vor Verletzungen durch dieselben gesichert; die Beobachtung selbst wird endlich, da man die Blüthenanlage nicht wie bei dem Verfahren durch den Schnitt als Flächenansicht, sondern als Körper bei sehr verschiedener Einstellung betrachten mufs, erschwert. In vielen Fällen, z. B. für die Entwickelung der Grasblüthe, wird man zweckmäfsig beide Methoden anwenden.

Zur Untersuchung wählt man zunächst die allerjüngsten Blüthenzweige, man macht Längsschnitte aus freier Hand; der Schnitt mufs hinreichend dünn, genau die Mittellamelle des Blüthenzweiges darstellen, man mufs an ihm die Terminalknospe und unterhalb derselben die werdenden Blätter erblicken; in den etwas tiefer gelegenen Blättern (hier Deckblätter genannt) wird man die erste Anlage der achsel-

ständigen Blüthen, als rundes zelliges Körperchen, der ersten Anlage einer Blattknospe durchaus ähnlich, wahrnehmen; dies zellige Körperchen ist die eigentliche Achse der Blüthe. In der Achsel der etwas tiefer gelegenen Blätter wird man im Umkreis dieses zelligen Körperchens die Kelchblätter als runde Wärzchen hervortreten sehen; wo der Schnitt eine solche Blüthenanlage halbirt hat, wird man zwischen den Kelchrudimenten die Spitze der Blüthenachse als runde Erhebung (als Terminalknospe oder Vegetationskegel) erblicken. Noch weiter abwärts wird man auf einem solchen Schnitt das Auftreten des zweiten Blattkreises, darauf des dritten u. s. w. wahrnehmen (Taf. V. Fig. 21 kann hier als Beispiel für die Grasähre dienen; Fig. 22 zeigt eine Spicula der schon etwas weiter vorgerückten Achre, wofür die Tafelerklärung das Nähere angiebt).

Hat man sich durch Längsschnitte einigermafsen orientirt, so verfertigt man dünne Querschnitte, von der Spitze des Blüthenstandes ausgehend; hier ist oftmals, weil die Stellung der Blüthenanlagen zur Hauptachse (zum gemeinschaftlichen Blüthenstiel) meistens eine etwas seitliche ist, ein etwas schief gegen die Hauptachse geneigter Schnitt empfehlenswerth; dies wird namentlich für die tiefer gelegenen Blüthenanlagen gelten. Für die Untersuchung kommt es hier zunächst auf scharfe, sich genau mit der Längsachse der Blüthenanlage kreuzende Querschnitte an, man mufs deshalb aus der grofsen Menge von durchschnittenen Blüthenrudimenten, die ein einziger solcher Schnitt zu liefern pflegt, diejenigen herauswählen, welche vom Messer in der rechten Richtung getroffen sind. Man wird oft lange schneiden müssen, ehe man für die verschiedenen Entwickelungsstadien die nöthigen vollkommenen Präparate erhält.

Da eine lückenfreie Reihenfolge der Entwickelungsstufen hier durchaus nothwendig ist, so halte ich es für sehr zweckmäfsig, alle gelungenen Quer- und Längsschnitte dieser Art in ihren Umrissen genau zu zeichnen. Wenn man darauf die Längs- und Querschnitte gleicher Entwickelungsstufen mit einander vergleicht, kann das Verständnifs derselben nicht fehlen. Die wenigen Beispiele, die ich auf Taf. V. gegeben habe, werden dies beweisen, sie werden zugleich besser als eine langweilige Beschreibung dasjenige zeigen, worauf man zu achten hat und wie sich dasselbe nach diesem Untersuchungsverfahren dem Auge darstellt. Für die Untersuchung selbst mufs ich noch bemerken, dafs zur Verbesserung des Längsschnittes, durch Ent-

fernung störender Theile und ebenso zum Isoliren der brauchbaren Präparate eines durch den ganzen Blüthenstand geführten Querschnittes das einfache Mikroskop unentbehrlich ist. Den Längsschnitt wird man häufig durch mehrmaligen Gebrauch des Rasirmessers verbessern können; für den Querschnitt ist eine derartige Verbesserung selten zulässig, weil die einzelnen Theile dabei meistens verschoben oder gar von einander gelöst werden.

Für die Entwickelungsgeschichte der Blüthe hat man beim Querschnitt vor allem zu achten:

1. Auf die Reihenfolge der Blattkreise und auf die Zahl derselben.

2. Auf die Stellung der Theile eines Blattkreises zu den Theilen des vorhergehenden; wenn diese Theile nicht mit einander abwechseln, so hat man zunächst nach den Rudimenten eines sich vielleicht nicht ausbildenden Blattkreises zu suchen. Sollten sich selbige nicht finden, so ist es dennoch nicht gerechtfertigt, von einem verkümmerten oder fehlgeschlagenen Blattkreise zu reden*).

3. Auf die Zahl der Theile jedes Blattkreises und deren Uebereinstimmung mit einander. Wo der eine Blattkreis weniger Theile als der vorhergehende besitzt, erkennt man in der Regel schon an der Stellung zu den Theilen des vorhergehenden das Verkümmern des einen oder anderen Organs; man hat dann sorgfältig nach dessen Anlage zu suchen und wird sie nicht selten als unscheinbares Wärzchen an ihrer richtigen Stelle finden; so bei Salvia nivea, wo der dritte Blattkreis, die Antheren, nicht vollzählig sind, von den fünf Wärzchen, welche hervortreten, werden nur zwei als Antheren ausgebildet. Wenn dagegen, was freilich sehr selten der Fall ist, ein Kreis mehr Theile als der vorhergehende besitzt, so ist zunächst darauf zu sehen, ob der vorhergehende Kreis vollzählig ist und ob die überzähligen Theile des folgenden Kreises wirklich diesem Kreise angehören. Bei Cleome zählt der dritte Blattkreis, die Staubblätter, zwei Elemente mehr als die beiden vorhergehenden viergliederigen Kreise. Bei Balsamina hat

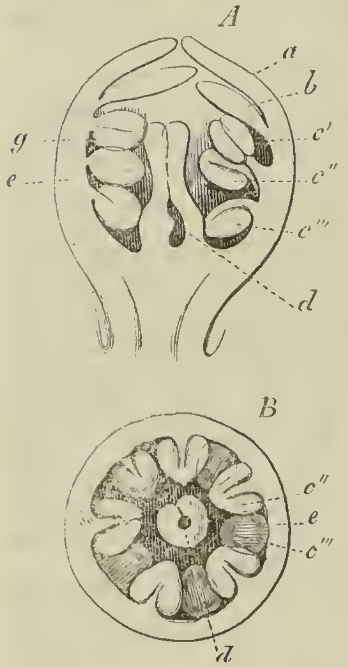
*) Durch zahlreiche genaue Untersuchungen veranlafst, habe ich hier meine frühere Ansicht (erste Auflage dieses Buches) durchaus ändern müssen; ich kann jetzt nur da ein Verkümmern annehmen, wo sich die Rudimente der verkümmerten Theile, oder wenigstens statt derselben Lücken an derjenigen Stelle, wo sie auftreten müfsten, durch die Entwickelungsgeschichte nachweisen lassen.

der dritte Kreis, die Staubblätter, ein Element mehr als die beiden vorhergehenden viergliederigen Kreise.

4. Auf das sogenannte Verwachsen der anfänglich getrennt auftretenden Theile des einen oder anderen Blattkreises; dasselbe erkennt man nur durch Vergleichung glücklich geführter Querschnitte aus verschiedenen Entwickelungsstadien. Hier zeigt sich denn, dafs ein wirkliches Verwachsen sehr selten vorkommt, dafs dagegen die weitere Trennung der Theile eines oder mehrerer Blattkreise häufig unterbleibt; auf diese Weise entsteht die sogenannte verwachsen-blätterige Blumenkrone (corolla gamopetala), desgleichen der sogenannte verwachsen-blätterige Kelch, ferner die Antherenröhre, z. B. bei Ruscus, und endlich der Fruchtknoten sehr vieler Pflanzen *).

5. Auf den Bau der Antheren, ob sie bis zu einer gewissen Zeit ein-, zwei- oder vierfächerig sind.

Fig. 45.



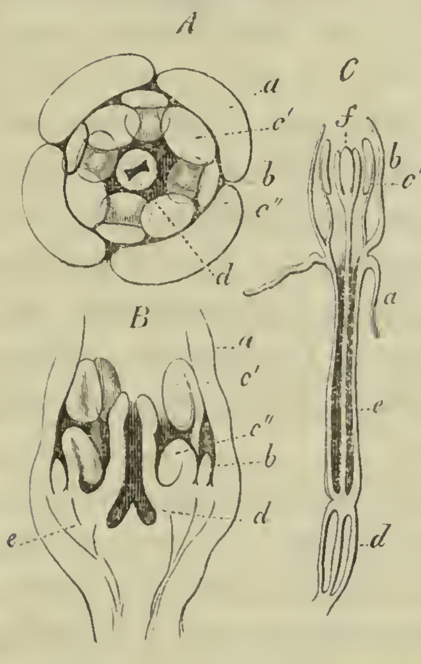
6. Auf die den Fruchtknoten bildenden Theile. Der oberständige Fruchtknoten kann als geschlossene Röhre entstehen, er kann aber auch aus Blättern gebildet werden. Derselbe kann alsdann aus einem (Fig. 45), aber auch aus mehreren Blättern entstehen. Die Zahl dieser Theile steht selten zu den Theilen der vorhergehenden Blattkreise in einiger Beziehung. In sehr vielen Fällen wird die Deutung ob Stamm- oder Blattfruchtknoten zweifelhaft bleiben; der unterständige Fruchtknoten (Fig. 46) wird dagegen, weil er die übrigen Blattkreise trägt, immer als hohlgewordenes Stammorgan betrachtet werden müssen.

Fig. 45. *A* Längsschnitt einer ganz jungen Kirschblüthe (Prunus Cerasus). *a* Kelchblatt, *b* Blumenblatt, c', c'' u. c''' Staubblätter, drei verschiedenen Kreisen angehörig, *d* der Fruchtknoten, aus einem Fruchtblatt entstanden, *e* der Blüthenboden, d. h. der Grund der Blüthe, welcher Staubblätter, Blumenblätter und Kelchblätter trägt. *B* Querschnitt einer Blüthenknospe desselben Entwickelungszustandes in der Höhe von *g* bei *A* ausgeführt. Die Bezeichnung wie bei *A*. (Vergröfserung 40 mal).

*) Man vergleiche den Abschnitt VI. meiner Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse: Ueber die Entwickelungsgeschichte des Fruchtknotens.

7. Auf das Entstehen der Samenträger und der Samenknospen an ihnen. Diese Untersuchung wird sehr wichtig, man erfährt durch sie, ob man es mit wahren oder mit falschen Scheidewänden zu thun hat; falsch sind dieselben bei Oenothera, Clarkia, Epilobium, den Cucurbitaceen, Pyrola, Monotropa u. s. w.; dort werden sie nämlich durch die wandständigen Samenträger gebildet, (Fig. 32 p. 108). Die ächten Scheidewände entstehen dagegen durch die einwärts geschlagenen mit einander verbundenen Ränder von je 2 Fruchtblättern, so bei den Papaveraceen und bei den Nymphaeaceen. Die falschen Scheidewände sind viel häufiger als die ächten.

Fig. 46.



Ueber Narbe und Staubweg wird der Querschnitt nur selten genügende Auskunft geben.

Beim Längsschnitt hat man zu achten:

1. Auf die ursprüngliche Einfügung der Theile eines oder mehrerer Blattkreise und auf deren spätere Stellung, ob dieselbe unverändert geblieben, oder ob die Theile des einen oder des anderen Blattkreises höher hinaufgerückt sind; ferner auf die Bildung eines Discus, auf das Entstehen appendiculärer Organe, auf die Entwickelung der Haare u. s. w. Die Cupula der Eiche und der Buche entwickelt sich aus einem Discus, welcher sich, nachdem die übrigen Blüthentheile angelegt sind, erhebt und unter seinem Rande Blätter bildet, die bei der Eiche schuppenartig bleiben, sich bei der Buche dagegen nicht unbedeutend verlängern.

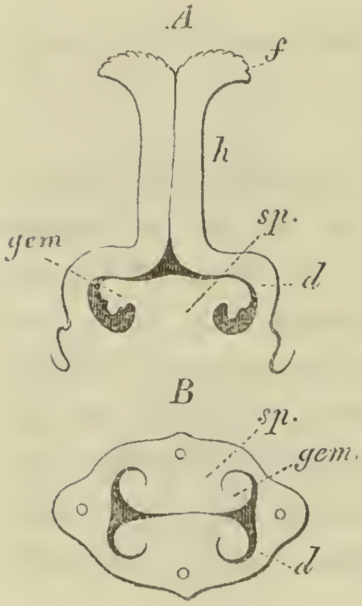
2. Auf die Entwickelung des Fruchtknotens, ob nämlich im Innern seiner Höhlung die eigentliche Spitze der zur Blüthe gewordenen Knospe

Fig. 46. *A* Querschnitt einer sehr jungen Blüthenanlage der Oenothera muricata; *a* Kelchblätter, *b* Blumenblätter, *c'* u. *c''* Staubblätter des ersten und des zweiten Staubblattkreises, *d* Anlage des Fruchtknotens. *B* Längsschnitt desselben Entwickelungszustandes; *d* die Fruchtknotenhöhle, *e* der Theil, welcher später die Kelchröhre bildet. (Vergröfs. 40mal). *C* Längsschnitt einer Blume zur Blüthezeit (natürliche Gröfse); *f* die Narben. Die übrigen Buchstaben wie oben.

erkennbar ist, und ob dieselbe sich erhebend entweder zum freien mittelständigen Samenträger wird, wie bei den Primulaceen und einigen Amaranthaceen, oder ob sie mit den vorhandenen wandständigen Samenträgern vereint, den unteren Theil des Fruchtknotens mehrfächerig macht, während der obere Theil, zu welchem dies Mittelsäulchen nicht hinaufreicht, einfächerig bleibt, wie bei Oenothera und Monotropa, oder ob sich endlich dieses Mittelsäulchen mit wirklichen Fruchtblättern vereinigt, wie bei Papaver und Nymphaea. Bei Tropaeolum, wo einwärts geschlagene Blattränder die Scheidewände des Fruchtknotens bilden, trägt das Mittelsäulchen die Samenknospen. Interessant ist es noch, auf die Fortbildung des Fruchtknotens, ob derselbe an seiner Spitze oder an seiner Basis wächst, und wie sich Narbe und Staubweg bilden, zu achten.

3. Auf den Zusammenhang des Staubwegkanals mit der Fruchtknotenhöhle; dieser Verbindungsweg wird oftmals nur durch die Entwickelungsgeschichte der Blüthe richtig erkannt; ein Vergleich gelungener Längsschnitte verschiedener Stadien läfst über ihn niemals in Zweifel (Fig. 47).

Fig. 47.



Ueber die Entwickelungsgeschichte der Samenknospe spreche ich weiter oben, bei der Entstehung des Embryon.

Die Benennung des Verwachsens für vereinigte Blüthentheile, z. B. für die sogenannten verwachsenen Blumenblätter der Gamopetalen enthält in vielen Fällen einen unrichtigen Begriff; die änfänglich als getrennte Theile hervortretenden Blumen- oder Kelchblätter verwachsen nicht späterhin am Grunde mit einander, im Verlauf ihrer an der Basis fortschreitenden Entwickelung unterbleibt nur späterhin die Trennung; man sollte demnach richtiger von nicht getrennten Blumenblättern reden. Eine wirkliche Verwachsung erfolgt dagegen beim Narbenkörper der Apocyneen und Asclepiadeen; dort verwachsen die

Fig. 47. *A* Längsdurchschnitt durch einen sehr jungen Fruchtknoten der Salvei (Salvia nivea); *d* die Wand der Fruchtknotenhöhle, *f* die Narbe, *gem.* die Samenknospe; *h* der Staubweg, *sp.* der Knospenträger. *B* Querdurchschnitt der Fruchtknotenhöhle; die Bezeichnung wie oben. (Vergröfserung 40 mal).

beiden anfänglich vollständig getrennten Narben eines jeden Fruchtknotens erst später mit einander zu einem Ganzen. (Man vergleiche die Entwickelungsgeschichte von Asclepias syriaca im folgenden Abschnitt).

Methode für die Entwickelungsgeschichte des Pflanzenembryon.

Wer mit irgend einigem Erfolg diese schwierigste aller anatomisch-physiologischen Untersuchungen ausführen will, der mufs sich zunächst durch die Entwickelungsgeschichte mit dem Bau des Fruchtknotens, des Staubwegs und der Narbe der von ihm zu untersuchenden Pflanzen und ebenso mit der Entwickelung ihrer Samenknospen genau bekannt machen; der mufs wenigstens bei einigen Pflanzen den Staubwegkanal der unbestäubten und ebenfalls den Staubwegkanal einer von ihm selbst bestäubten Blüthe genau untersuchen, um den Weg der Pollenschläuche und die Veränderungen, welche sie im Staubwegkanal hervorgerufen haben, kennen zu lernen; der mufs endlich und zwar in allen Fällen den Zustand der Samenknospe und des Embryosacks zur Blüthezeit, ehe ein Pollenschlauch die Samenknospe erreichte, recht gründlich untersuchen, und namentlich auf den Inhalt des Embryosacks aufs genaueste achten, weil es einzig und allein auf diese Weise möglich ist, über die später durch den Pollenschlauch hervorgerufenen Veränderungen ein richtiges Urtheil zu gewinnen.

Um den Verlauf der Pollenschläuche von der Narbe bis in die Fruchtknotenhöhle zu verfolgen, bestäubt man sich am besten selbst die Blüthen. Man untersucht dann täglich eine oder mehrere derselben, indem man dünne Längsschnitte aus der Mitte des Staubwegs und des Fruchtknotens darstellt, und erfährt dabei zugleich die Zeit, welche der Pollen etwa gebraucht um Schläuche zu treiben und selbige bis in die Fruchtknotenhöhle zu schicken. Wem Limodorum abortivum zu Gebote steht, der findet in ihr die geeignetste Pflanze, um die Entwickelung der Pollenschläuche aus dem Pollenkorn zu verfolgen. Man kann sich hierbei leicht und sicher überzeugen, dafs kein einziger Pollenschlauch absolut dem anderen gleicht, sondern dafs nach der Weise, wie die Ernährung erfolgt, sich auch die Gestalt der Schläuche ändert. Die Pollenkörner von Limodorum treiben schon im Antherenfach ihre Schläuche (Taf. III, Fig. 1—4); für die Coniferen

geschieht dasselbe bisweilen bei Cupressus (Taf. IV, Fig. 1 u. 2). Die Narbe von Hoya carnosa ist sehr geeignet, das Treiben der Pollenschläuche überhaupt zu befördern; in Zuckerwasser gelingt es ungleich seltener. Bei recht gelungenen Längsschnitten ist es oft vortheilhaft, die Wandungen des Staubwegkanals unter dem einfachen Mikroskop mit der Nadel etwas von einander zu entfernen; man sieht dann häufig ein starkes Bündel Pollenschläuche mit Zellen des leitenden Zellgewebes untermischt und kann dasselbe nicht selten unter dem einfachen Mikroskop mit der Nadel bis in die Fruchtknotenhöhle verfolgen. Bei Pflanzen mit langem dünnen, bald dahinwelkenden Staubweg ist es mir fast niemals gelungen, dem Lauf der Pollenschläuche ohne Unterbrechung zu folgen, bei Pflanzen mit kurzem fleischigen Staubweg ist es dagegen durchaus nicht schwer; am günstigsten sind für diese Beobachtung die Orchideen. Wenn man den Staubweg der vor 8 Tagen bestäubten Blüthe einer Epipactis auf die angegebene Weise untersucht, so wird man sich über die ungeheure Zahl der Pollenschläuche verwundern und selbige mit Leichtigkeit in starken Bündeln bis zu den Samenknospen begleiten können. Auch Viola tricolor, sowie Ribes nigrum und rubrum sind für diesen Zweck zu empfehlen; für die erste Pflanze wählt man eben verwelkende Blüthen, man findet hier nicht selten verzweigte Pollenschläuche; noch häufiger trifft man die letzteren bei Fagus silvatica und bei Oenothera muricata. Für die Nadelhölzer fand ich bei Thuja orientalis ein Prachtexemplar eines vielfach verzweigten Pollenschlauches (Taf. IV, Fig. 15). In den meisten Fällen mufs man jedoch lange darnach suchen; nur bei der Buche sind fast alle Pollenschläuche verzweigt.

Für die Entwickelungsgeschichte der Samenknospe läfst sich kein bestimmtes Verfahren angeben, dasselbe mufs sich nach der Zahl und Anordnung der Samenknospen im Fruchtknoten richten; danach wird bald der Querschnitt, bald der Längsschnitt bessere Dienste leisten. Man mufs das Hervortreten des Knospenkerns aus dem Gewebe des Samenträgers als kegelförmiges zelliges Körperchen, dann das Entstehen der Knospenhüllen als Kreisfalten um selbigen und gleichzeitig die etwaige Krümmung der Samenknospe und das Auftreten und Verhalten des Embryosacks im Knospenkern beachten (Taf. V, Fig. 17—19). Für die Samenknospe ohne Integumente empfehle ich Hippuris und Myriophyllum (die Samenknospe ist hier anatrop, und zwar mit einem Gefäfsbündel im nackten Knospenkern versehen), bei Thesium ist der

Knospenkern ebenfalls nackt, aber ohne Gefäfsbündel. Für Samenknospen mit einem Integument verweise ich auf Juglans, Taxus (orthotrop), Impatiens, die Rhinanthaceen (anatrop, bei letzteren bildet der Embryosack zellenleere Aussackungen, welche im Parenchym des Integuments liegen, Taf. III, Fig. 16, 17 u. 23). Für Samenknospen mit zwei Integumenten empfehle ich Hydrocharis, Polygonum (orthotrop) (Fig. 33, p. 110), Viola, Oenothera, die Orchideen (anatrop) (Fig. 34, p. 111). Für das Speciellere dieses Abschnittes mufs ich jedoch auf meine Schrift: »Entwickelungsgeschichte des Pflanzenembryon«*) verweisen.

Sehr viele Samenknospen sind zur Blüthezeit so grofs, dafs sie sich herauslösen und auf den Finger gelegt, durchschneiden lassen; man hat hier vor allen Dingen auf die Richtung des Schnittes zu achten. Man nimmt mit einem äufserst scharfen hohlgeschliffenen Rasirmesser zuerst die eine Seite der Samenknospe hinweg, wendet sie dann mit Hülfe eines feinen Haarpinsels vorsichtig um und entfernt nun ebenfalls durch einen sicheren, langsam geführten Schnitt die andere Seite, so dafs von der ganzen Samenknospe nur die Mittellamelle, diese aber unversehrt, zurückbleibt. Man darf das Präparat während des Schneidens nicht trocken werden lassen, und mufs deshalb den Finger feucht erhalten. Das Präparat schiebt man sogleich ohne Deckglas unters Mikroskop; oft mufs ein dritter und vierter, in ähnlicher Weise geführter Schnitt noch mancherlei verbessern. Sehr häufig geht das Präparat dabei zu Grunde, nicht selten gelingt es aber, die hie und da störenden Theile glücklich zu entfernen, wozu man häufig auch die Nadel und das einfache Mikroskop benutzen wird.

Wenn es möglich ist, wird es wünschenswerth sein, den Embryosack der unbestäubten Blüthe ganz freizulegen, er erscheint alsdann als einfache Zelle; in den meisten Fällen ist er jedoch so zart, dafs ein solches Freilegen ihn selbst oder zum wenigsten die in ihm entstandenen Zellen zerstören würde; es ist in diesem Fall besser, sich mit möglichst dünnen Längsschnitten zu begnügen und den Inhalt des Embryosacks, insbesondere das Vorkommen oder Fehlen von Zellen in selbigem und deren Lage genau zu studiren. Jodlösung ist hier ebenfalls am Platze. Man darf sich nicht mit einem

*) Verhandelingen der eerste Klasse van het Koninklyk-Nederlandsche Instituut. 3 Reeks 2te Deel. Amsterdam 1850. J. C. A. Sulpke.

Präparate, sei es auch noch so gelungen, begnügen, man mufs deren viele und in möglichster Vollkommenheit darstellen und selbige mit einander vergleichen; man wird dann bald sehen, ob eine Zellenbildung im Embryosack, noch ehe der Pollenschlauch in die Samenknospe eingedrungen ist, constant stattfindet oder nicht, und welche Bedeutung diesen Zellen zukommt. (Bei den Rhinanthaceen und Halorageen, desgleichen bei Viscum bilden sich schon vor der Befruchtung die ersten Mutterzellen für das Endosperm).

Es ist in den meisten Fällen gar nicht schwer, gelungene Längsschnitte der jüngeren Zustände einer Samenknospe zu erhalten, weil die noch kleinen Samenknospen nicht für sich, sondern auf Quer- oder Längsschnitten durch den Fruchtknoten mit durchschnitten werden, was später, wenn die Samenknospe gröfser geworden, nur selten noch ausführbar ist.

Kennt man nunmehr die Samenknospe und insbesondere das Verhalten des Embryosacks vor der Bestäubung, so verfährt man ganz in derselben Weise auch mit den Samenknospen der kürzlich bestäubten Blüthen. Bei den Orchideen, deren Samenknospen sehr klein und sehr weich sind, ist es nicht möglich, Schnitte durch dieselben zu erhalten, sie sind deshalb für die Entstehung des Embryon selbst nicht brauchbar, d. h. ihre Untersuchung kann keinen entscheidenden Beweis weder für noch wider eine der drei streitenden Ansichten*) liefern; dagegen beobachtet man an ihnen mit Leichtigkeit den Eintritt des Pollenschlauchs in den Knospenmund. Man braucht die Samenknospen des angeschwollenen Fruchtknotens

*) Während nach Schleiden und mir die erste Zelle des Embryon im Innern des Pollenschlauchs entsteht, wird nach Amici, Hofmeister und v. Mohl eine im Embryosack schon vor der Befruchtung vorhandene Zelle nur durch den Pollenschlauch befähigt, zur ersten Zelle des Embryon zu werden; nach Tulasne entsteht endlich diese erste Zelle des Embryon als Produkt einer Vereinigung des Pollenschlauchs mit der Membran des Embryosacks. Die Beweise, welche Hofmeister für seine Ansicht vorbringt, sind sämmtlich negativer Art; in meiner Pflanzenzelle (p. 411) habe ich mich über die Beweiskraft derselben meinen Beobachtungen gegenüber ausgesprochen. Neue Untersuchungen des letzten Sommers (1854) über Canna, Viscum, Lathraea, Pinus, Taxus und Thuja haben mir wiederum und zwar so vollständige Beweise für die Richtigkeit meiner Ansicht geliefert, dafs ich diese schwierige Frage in der Hauptsache als erledigt betrachten mufs. Die Untersuchungen von Deecke (Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle. 1854) haben für Pedicularis das von mir Beobachtete vollständig bestätigt.

von Orchis nur mit der Nadel abzuheben (dieselben lassen, wenn sie befruchtet sind, sehr leicht vom Samenträger), und man wird oft einen bis fünf Pollenschläuche in einem Knospenmund entdecken (meistens wird hier zur Entfernung der Luft ein gelinder Druck durchs Compressorium nothwendig sein). Euphrasia officinalis ist für denselben Zweck nicht minder günstig; man braucht den Fruchtknoten einer kürzlich verwelkten Blüthe nur mit der Nadel zu zerreifsen, fast jede Samenknospe wird einen Pollenschlauch erhalten haben; Veronica serpyllifolia zeigt dasselbe auf zarten Quer- und Längsschnitten durch den Fruchtknoten der bestäubten Blüthe. Bei einigen Pflanzen ist dagegen aus verschiedenen Ursachen der Eintritt der Pollenschläuche in die Samenknospe schwieriger zu beobachten, weil selbige entweder, so weit sie aus der Samenknospe hängen, sehr bald resorbirt werden (Ornithogalum, Hippuris), oder in Folge der eigenthümlichen Lage der Samenknospe selbst in der Regel durch den Schnitt hinweggenommen werden (Oenothera); hier findet man jedoch den Pollenschlauch bei gelungenen Präparaten entweder innerhalb des Knospenmundes oder (wie bei Oenothera) auf seinem Durchgang durch den Knospenkern.

Wenn es irgend möglich ist, sollte man nunmehr Embryosack und Pollenschlauch vollständig freilegen, weil dies Verfahren meiner Ueberzeugung nach, der einzige Weg zur vollständigen Lösung dieser so wichtigen aber schwierigen Frage ist.

Nicht bei allen Pflanzen wird ein Freilegen der Spitze des Embryosacks mit dem in selbige eingedrungenen Pollenschlauch möglich sein. Derartige Pflanzen, auf welche sich Hofmeister vielfach stützt, können aber für diese Frage auch niemals ein entscheidendes Gewicht in die Waage legen. Sehr günstig sind dagegen alle diejenigen Pflanzen, wo sich die Spitze des Embryosacks nicht mit Zellen füllt, z. B. die Personaten, bei welchen überdies zur Zeit der Befruchtung die Spitze des Embryosacks frei im Integumente liegt, weil das Gewebe des Knospenkernes frühzeitig resorbirt ward. Ganz besonders kann ich aus vielfacher Erfahrung Lathraea squamaria und Pedicularis silvatica, ferner die verschiedenen Cannaarten und endlich Viscum album empfehlen. Bei allen diesen Pflanzen ist ein gänzliches Freilegen der Spitze des kürzlich befruchteten Embryosackes ausführbar; durch sie gelingt es bei genügender Ausdauer und geschickter Präparation, unumstöfsliche Beweise, sowohl für das Eindringen des Pollenschlauchs in den Embryosack, als auch für das Entstehen der ersten Zellen des

Embryon im Innern des eingedrungenen Pollenschlauches zu erhalten. Jede dieser Pflanzen hat aber ihre Eigenthümlichkeiten, die man genau kennen mufs, und wornach sich das Verfahren der Untersuchung zu richten hat.

Der eigenthümliche Bau der Samenknospe von Lathraea und Pedicularis (Taf. III, Taf. 16 u. 23), mit dem man sich zuvor aufs genaueste befreunden mufs, ist für die Untersuchung selbst sehr günstig, weil man nach der Gestalt der Samenknospe die Richtung des zu führenden Schnittes leicht bestimmen kann. Die, wie oben beschrieben, erhaltene Mittellamelle einer solchen Samenknospe betrachtet man zuerst unter dem zusammengesetzten Mikroskop und zwar von beiden Seiten, bei etwa 200facher Vergröfserung (mit dem schwächsten Ocular, welches überhaupt für diese Untersuchung allein anwendbar ist). Wenn man durch einen neuen Schnitt noch einiges zu verbessern hofft, so merkt man sich genau die Seite und die Stelle, wo noch etwas hinwegzunehmen ist und richtet danach die Führung seines Messers. Das Präparat wird jetzt wieder betrachtet und wenn der Schnitt nach Wunsch gelungen ist, unter das einfache Mikroskop gebracht (eine 30 — 40 fache Vergröfserung ist hier am zweckmäfsigsten), um mit der Nadel das die Spitze des Embryosackes umgebende Parenchym zu entfernen. Bei diesen Bemühungen wird es, zumal bei Lathraea, nur selten gelingen, den ganzen Embryosack mit seinen beiderseitigen wunderlichen Aussackungen unversehrt vollständig freizulegen. Für die Entwickelungsgeschichte des Embryon ist ein vollständiges Freilegen der Spitze des Embryosackes, um das Verhalten dieser Spitze zum eingedrungenen Pollenschlauch gründlich studiren zu können, ausreichend, und dies gelingt bei einiger Ausdauer und Geschicklichkeit sehr häufig. Eine grofse Reihe solcher Präparate habe ich als gewichtige Beweise für meine Behauptung unter Chlorcalium bewahrt und kann sie jederzeit als solche vorlegen. Einige derselben habe ich auf Fig. 17—21 der Taf. III. aufs genaueste abgebildet. Man wird sowohl bei Pedicularis als auch bei Lathraea, nur selten ein längeres Stück des Pollenschlauches aufserhalb der Spitze des Embryosackes finden (derselbe wird im Knospenmund sehr bald erweicht und aufgelöst); bei Lathraea wird man dagegen in der zellenleeren Spitze des Embryosackes häufig zwei Pollenschläuche antreffen, von welchen jedoch immer nur einer zum Endosperm gelangt, um sich dort als Embryon zu entwickeln. Die eingedrungenen Pollenschläuche sind in der Regel wie auf Fig. 18, 19, 20 u. 21,

oben geschlossen; nicht immer gewahrt man an ihnen Ueberreste des im Knospenmund befindlichen Theiles vom Pollenschlauch, dagegen erkennt man fast zu jeder Zeit, bei genauer Einstellung, richtiger Beleuchtung und bei sorgfältiger Betrachtung des Präparates von verschiedenen Seiten, dafs der Schlauch, welcher durch die zellenleere Spitze des Embryosackes geht und ins Endosperm gelangend, zum Embryon wird, nicht innerhalb des Embryosackes entstanden sein kann, vielmehr von aufsen eingedrungen sein mufs, weil das obere, meistens rundlich geschlossene Ende desselben immer über die Spitze des Embryosackes und zwar oft bedeutend hervorragt (Taf. III, Fig. 19) und sich überdies an der Stelle, wo der Pollenschlauch eingedrungen ist, in den meisten Fällen ein Zurückweichen der Membran des Embryosackes vor dem eingedrungenen Pollenschlauch entschieden kundgiebt (Taf. III, Fig. 18 u. 25).

Durch eine grofse Reihe auf die angegebene Weise dargestellter Präparate verfolgte ich bei Lathraea und Pedicularis das Entstehen des Embryon, von der Bildung der ersten Zelle im Innern des Pollenschlauches ausgehend, bis zum Auftreten der beiden Samenlappen.

Th. Deecke ist im Sommer 1854 so glücklich gewesen von Pedicularis silvatica ein Präparat zu gewinnen, welches dem langen Streit mit einemmal ein Ende macht. Aus einer kürzlich befruchteten Samenknospe gelang es ihm nämlich die schnabelförmige Spitze des Embryosackes mit dem eingedrungenen Pollensschlauch unversehrt freizulegen. Ein $\frac{60}{400}$ Millim. langes Stück des Pollenschlauches befindet sich aufserhalb des Embryosackes, während der eingedrungene Theil desselben $\frac{93}{400}$ Millim. mifst; im geschlossenen Ende des Pollenschlauches erblickt man bereits die erste Zelle der Keimanlage. Wenn man mit Hülfe des Zirkels die schnabelförmige freigelegte Spitze des Embryosackes in ihr altes Bette, d. h. ins Integument, welches an besagtem Präparate noch ebenfalls vorhanden ist, zurückprojektirt, so blickt der Pollenschlauch noch etwa $\frac{30}{400}$ Millim. lang aus dem Knospenmund der Samenknospe hervor.

Durch genanntes Präparat, welches mir Deecke in freundlicher Weise zur Ansicht sandte und welches ich mit seiner Erlaubnifs als Fig. 24 der Taf. III. aufs genaueste abgebildet habe, wird die Identität des Schlauches innerhalb des Embryosackes mit dem Schlauch aufserhalb desselben unumstöfslich bewiesen. Der Schlauch aufserhalb

desselben kann aber, wie jeder der auch nur irgend ein Verständnifs von dem Verlauf der Pollenschläuche zur Samenknospe hat, zugeben mufs, nichts anderes als der Pollenschlauch sein, und somit ist denn durch dieses Präparat das Entstehen der ersten Zelle des Keimes im Innern des in den Embryosack eingedrungenen Pollenschlauches unwiderlegbar bewiesen. Auch die Annahme einer Befruchtung durch Copulation, d. h. durch Vereinigung des Pollenschlauches mit einer im Embryosack vorhandenen Zelle, welche noch immer mehr Wahrscheinlichkeit als eine dynamische Befruchtung für sich hätte, ist durch das Präparat von Deecke beseitigt worden*).

Bei Canna (die Species scheint hier nicht in Betracht zu kommen) ist der Pollenschlauch sehr derb, und die Spitze des Embryosacks zur Zeit der Befruchtung nur von wenigen Zellenreihen des Knospenkerns bedeckt. Nicht selten gelingt es auch diese zu entfernen, so dafs die Spitze des Embryosacks freiliegt und das Verhalten des Pollenschlauches zu derselben klar vor Augen tritt.

Die gegenläufige Samenknospe von Canna hat zwei sehr kurze Integumente, der Chalazatheil (*q*) ist dafür um so mehr ausgebildet; der Embryosack verlängert sich in denselben (Taf. III, Fig. 10).

Wenn man die Samenknospen einer Blüthenknospe untersucht, deren Anthere noch nicht geöffnet ist, so findet man in der Spitze des Embryosackes 2 bis 3 sehr zarte mit einem Zellkern versehene Zellen (Taf. III, Fig. 11. *y*). Die Samenknospe der bereits geöffneten Blüthe zeigt diese Zellen ebenfalls, aber sie haben in der Regel um diese Zeit ein mehr körniges Ansehen, auch sind ihre Umrisse bereits minder scharf als vorher. Wenn der Fruchtknoten etwas angeschwollen, und die Blumenkrone abgefallen ist, so zeigt ein Längsschnitt durch die befruchtete Samenknospe bisweilen noch die eine oder die andere dieser Zellen, noch häufiger umgiebt dagegen eine körnige Schleimmasse die jetzt in der Spitze des Embryosacks vorhandene Anlage des Embryon.

Aus einem solchen Längsschnitt der kürzlich befruchteten Samenknospe läfst sich, selbst wenn der Schnitt noch so glücklich geführt ward, und die erhaltene Lamelle noch so zart ist, über die Ent-

*) In der Versammlung naturforschender Freunde zu Berlin, am 19. December 1854, habe ich das genannte Präparat unterm Mikroskope vorgelegt und ausführlich über dasselbe gesprochen. In der Flora von 1855 ist mein Vortrag gedruckt erschienen; ich bitte denselben zu vergleichen.

stehungsweise des Embryon nicht viel entscheiden; ja man kann nicht einmal wissen, ob einer oder ob mehrere Pollenschläuche bis zum Embryosack herabgestiegen sind. Die Fig. 12 der Taf. III mag hier als Beleg dienen. Während ein Pollenschlauch (*tp. a*) auf die Spitze des Embryosacks traf und dieselbe durchbohrte, legte sich ein zweiter Pollenschlauch (*tp. b*) schlangenförmig äufserlich um die Spitze des Embryosackes. Genanntes Präparat liegt wohlbehalten unter Chlorkaliumlösung; es beweist wie wichtig und wie nothwendig das gänzliche Freilegen des Embryosackes wird, und welchen Täuschungen man ohne dasselbe preisgegeben ist.

Das wirkliche Eindringen des Pollenschlauchs in den Embryosack läfst sich bei Canna nicht in Zweifel ziehen; selbst Hofmeister hat es hier zugeben müssen, dagegen behauptet er, dafs auch hier eine der schon vor der Bestäubung im Embryosack vorhandenen Zellen, welche er deshalb Keimbläschen nennt, durch den Pollenschlauch befruchtet, zur Anlage des Keimes werde. Wenn man aber recht gelungene Längsschnitte der kürzlich befruchteten Samenknospe sorgfältig mit der feingeschliffenen Nadel unter dem einfachen Mikroskop weiter behandelt und alles zu entfernen sucht, was sich ohne Verletzung des Embryosackes und des Pollenschlauches entfernen läfst, so überzeugt man sich leicht, dafs Hofmeister im Irrthum ist. Der Pollenschlauch, welcher schon aufserhalb der Samenknospe und im Knospenmund häufig Anschwellungen oder seitliche Ausbuchtungen bildet oder auch sich hin- und herwindet, benimmt sich nämlich, wie ich schon in meiner Preisschrift*) angegeben habe, innerhalb des Embryosacks nicht viel anders. So sehen wir auf Fig. 13 u. 14 der Taf. III ein anderes Präparat und zwar vor und nach der Entfernung des inneren Integuments. Ehe dasselbe, desgleichen die körnigen Stoffe, welche den in den Embryosack eingedrungenen Pollenschlauch umgeben, entfernt war, liefs sich nicht entscheiden, ob die Anlage zum Embryon dem Pollenschlauch oder einer ihm dicht anliegenden Zelle angehöre. So wie sich dasselbe Präparat später auf Fig. 114 darstellt, kann dagegen über den Ursprung der Keimanlage (*x*) im Innern des Pollenschlauches kein Zweifel bleiben; kaum in den Embryosack eingedrungen, hat der letztgenannte nämlich einen seitlichen, nach aufwärts gerichteten, Seitenast gebildet, welcher sich darauf nach abwärts krümmt und zum wirklichen

*) Entwickelungsgeschichte des Pflanzenembryon. Taf. VII, Fig. 7 u. 11.

Keimbläschen angeschwollen ist, in welchem bereits zwei Zellenkerne entstanden sind.

Schon aufserhalb der Samenknospe wird der Pollenschlauch dieses Präparates durch seine Krümmungen und Ausbuchtungen lehrreich; so könnte man bei *a* der Fig. 13 glauben, dafs hier der eigentliche Pollenschlauch zu Ende wäre. Der Pollenschlauch von Limodorum, den ich als Fig. 4 der Taf. III abgebildet habe, zeigt bei *b* und *c* Ausbuchtungen von oben gesehen, während man bei *d* eine derartige Ausbuchtung von der Seite erblickt. Der viel verzweigte Pollenschlauch von Thuja, dessen getreues Bild ich auf Fig. 13 der Taf. IV gegeben habe, bietet ähnliche Verhältnisse dar. Diese Fälle genügen, um den Grund einer Art der Täuschung nachzuweisen, welcher man in allen Fällen ausgesetzt ist, wenn man die Spitze des Embryosacks nicht vollständig freigelegt hat. Wenn nämlich der Pollenschlauch plötzlich eine Krümmung macht, und wenn man von oben auf dieselbe sieht, so wird man, wie auf Fig. 13 *a* (Taf. III) das Ende des Pollenschlauches wahrzunehmen glauben. Durch veränderte Einstellung wird hier zwar etwas, aber nicht viel geholfen, und Längsschnitte kann man bekanntlich nur von zwei Seiten betrachten, aber nicht hin- und herwenden, während man sich, sobald die Spitze des Embryosackes freiliegt, leicht und sicher von der wahren Sachlage überzeugen kann.

Ich habe hier und da wohl die Bemerkung hören müssen, dafs man bei gänzlicher Freilegung der Spitze des Embryosackes nicht unterscheiden könne, was ursprünglich sei und was für Veränderungen (Verletzungen oder Verschiebungen) durch die Nadel hervorgerufen würden. Als Antwort hierauf bemerke ich 1. dafs wer seine Nadel ordentlich zu handhaben versteht, nur solche Theile berührt, die er berühren will, und 2. dafs, wer eine Einbuchtung der Membran des Embryosackes durch den eingedrungenen Pollenschlauch (Taf. III, Fig. 18, 19 u. 25) für das Werk der Nadel hält, mir doch erklären möge, warum die schlauchförmige Zelle, in deren unterem Ende, bei Lathraea sowohl als auch bei Pedicularis die Anlage zum Keime entsteht, immer aufserhalb der Membran des Embryosackes endet, und warum diese Membran niemals nach auswärts, sondern immer nach einwärts gedrängt ist? was ich durch mehr als 50 Präparate beweisen kann. — Wer mit der Nadel viel präparirt hat, weifs überdies eine Verletzung durch die Nadel von einem natürlichen Verhältnifs wohl

zu unterscheiden. Man wolle deshalb nicht von mir erwarten, dafs ich auf derartige Einwendungen künftighin nur irgend Rücksicht nehme.

Wie die Pollenschläuche von Limodorum nicht alle nach demselben Schema wachsen (Taf. III, Fig. 1 — 4), so macht auch der Pollenschlauch derselben Cannaart, wenn er in den Embryosack eingedrungen ist, nicht immer dieselben Windungen; bisweilen steigt er ganz gerade herab, so auf Fig. 15 der Taf. III.

Die Zellen, welche vor der Bestäubung unter der Spitze des Embryosackes liegen, und die schon zur Blüthezeit ein körniges Ansehen gewinnen, sind bald nach der Blüthe gänzlich verschwunden, es bilden sich auch im Embryosack von nun an keine neue Zellen wieder. Canna, Tropaeolum und die Orchideen bieten deshalb den seltenen Fall eines Embryosackes ohne vorübergehendes Sameneiweifs, während bei allen anderen Pflanzen, selbst wenn ihr reifer Same eiweislos ist, bald nach der ersten Anlage des Keimes eine Endospermbildung eintritt. Die Zellen des Sameneiweifses ernähren in allen anderen bekannten Fällen den Keim, gleichgültig ob derselbe bis zur Reife des Samens das Endosperm ganz oder nur theilweise verzehrt; im ersten Fall erhalten wir einen eiweislosen, im anderen einen eiweishaltigen Samen. Noch mufs ich bemerken, 1. dafs sowohl bei Canna als bei Tropaeolum der Chalazatheil der Samenknospe überwiegend ausgebildet ist, und 2. dafs sowohl bei Tropaeolum als auch bei vielen Orchideen eine aus Zellen bestehende Verlängerung des Embryoträgers aus der Samenknospe hervorbricht und frei in die Fruchtknotenhöhle tritt, wahrscheinlich um auch von dorther dem Embryon Nahrung zu verschaffen. Bei Canna fehlt diese Verlängerung; der sehr kleine Keim des reifen Samens dieser Pflanze wird dagegen später vom Gewebe des Chalazatheils ernährt, dasselbe versieht für ihn bei der Keimung die Stelle eines wirklichen Sameneiweifses. Bei Tropaeolum und bei den Orchideen ist kein Gewebe vorhanden, welches das Sameneiweifs ersetzen könnte; die grofsen fleischigen Samenlappen des ersten geben, der Eichel vergleichbar, der Keimpflanze Nahrung; der sehr unentwickelte kugelige Keim der Orchideen mufs sich dagegen selber helfen.

Bei Viscum album ist eine Samenknospe als besonderes Organ nicht vorhanden; der Stengeltheil der Knospe, welcher zur weiblichen Blüthe wird, entwickelt im Innern seines Markes einen oder zwei Embryosäcke (Taf. III, Fig. 9), deren Anlage schon im October vorhanden

ist, obschon die Befruchtung erst Mitte Mai des folgenden Jahres erfolgt. Die weibliche Blüthe der Mistel besitzt 4 Perigonblätter (2 zweigliedrigen Blattkreisen angehörig), welche bald abfallen und 4 braune Flecken auf der reifen Beere hinterlassen; zwei sehr kleine Wärzchen, von diesem Perigon umfafst, können als die Rudimente zweier Narben betrachtet werden. Unter ihnen lockert sich das Gewebe auf, die Pollenschläuche gelangen durch dasselbe zu dem Embryosacke. Wenn die Mistel von einem Nadelholz ernährt wird (Abies pectinata, Pinus silvestris), so gehört das Vorkommen zweier Embryosäcke in einer Beere zu den seltenen Fällen, wenn der Schmarotzer dagegen auf dem Laubholz (Betula alba, Populus nigra) wächst, so besitzt fast jede Beere zwei Embryosäcke. Auf dem Laubholz gedeiht der Schmarotzer überhaupt viel üppiger, seine Stengelglieder und seine Blätter werden auf der Schwarzpappel und auf der Birke doppelt so lang als auf der Kiefer.

Stellt man zu Ende April einen Längsschnitt aus der weiblichen Blüthenknospe dar, so erscheint der Embryosack als mäfsig langer dickwandiger Schlauch, welcher am oberen Ende, häufiger aber an beiden Enden, eine Zelle gebildet hat (Taf. III, Fig. 5 *y. y*). Etwa 14 Tage später ist der ganze Embryosack mit einer Reihe von Zellen erfüllt (Taf. III, Fig. 6). Der Anfang dieser Endospermbildung entsteht, wie wir gesehen haben, von den beiden Endpunkten des Embryosackes aus; die Bildung der Zellen erfolgt durch Theilung des Inhalts.

Jetzt ist die Zeit der Befruchtung gekommen. Man verfährt nun am besten, wenn man die junge Beere, deren Perigonblätter bereits abgefallen sind, so zwischen Daumen und Zeigefinger legt, dafs das Messer die Beere nach ihrer breiten Seite halbirt, weil man alsdann beim Laubholzschmarotzer beide Embryosäcke auf einen Schnitt erhält. Die Längslamelle aus der Beere mufs gerade die Mitte des Markes durchschneiden, weil der Gefäfsbündelring (*b*), welcher gewissermafsen als Markscheide dasselbe umgiebt, so lange er das Mark bedeckt, die Embryosäcke unkenntlich macht. Einen derartigen Längsschnitt bringt man darauf zuerst bei etwa 200facher Vergröfserung unters zusammengesesetzte Mikroskop, und überzeugt sich, wo die Embryosäcke liegen. Dieselben werden darauf unter dem einfachen Mikroskop mit Hülfe der Nadeln isolirt, wobei man darauf zu achten hat, dafs die Nadel niemals den Embryosack selbst berühre, weil derselbe in diesem Falle durch den klebenden Saft, welchen das Gewebe des Markes aus-

sondert, meistens an der Nadelspitze hängen bleibt. Man entfernt das umgebende Gewebe am besten, indem man es von unten her nach beiden Seiten abzulösen sucht, wobei oft eine messerartig zugeschliffene Nadel zur Halbirung des Markes sehr nützlich wird.

Bei gehöriger Vorsicht ist es gar nicht schwer den Embryosack, aus dem oftmals ein langer Pollenschlauch hervorhängt, vollständig freizulegen. Man sieht alsdann, dafs die schon vor der Bestäubung in der Spitze des Embryosackes vorhandene Zelle (*y*), welche Hofmeister das Keimbläschen nennt, mit der Befruchtung nichts zu thun hat (Taf. III, Fig. 6), dagegen gewahrt man, dafs der Pollenschlauch entweder dicht unter derselben, oder mehr seitlich in den Embryosack und in die zweite Zelle (*a*) eingedrungen ist, dort anschwillt und in seinem Innern die erste Zelle zur Keimanlage (*x*) entwickelt. Bisweilen treten auch bei Viscum 2 Pollenschläuche in denselben Embryosack, der eine (*tp.* ⁺) scheint dann, wie bei Lathraea, zu verkümmern. Da die Membran des Embryosacks bei Viscum so ungewöhnlich stark ist, so erblickt man, wenn das Präparat gut liegt, die Durchgangsstelle des Pollenschlauchs besonders deutlich (Fig. 6). In einem sehr glücklichen Falle hatte das Messer die eine Seite des Embryosackes so hinweggeschält, dafs der in den Embryosack eingedrungene Pollenschlauch beinahe freigelegt wurde (Fig. 7).

Der schleimig körnige Inhalt der ersten Endospermzellen, welcher sich häufig zusammenballt und nicht zu beseitigen ist, stört leider bei der Mistel oftmals die Beobachtung; man kann deshalb nicht aus jedem Präparate sogleich die Wahrheit erfahren, sondern mufs auch hier mit Beharrlichkeit nach solchen Zuständen suchen, wo entweder diese Körneranhäufung fehlt, oder wo sie so liegt, dafs der Zusammenhang des eingedrungenen Pollenschlauches mit der Anlage zum Embryon nicht durch sie verdeckt wird. Bisweilen, jedoch selten, erfolgt auch, und zwar wie es scheint, wenn kein Pollenschlauch eindringt, eine Zellenbildung in derjenigen Zelle, welche Hofmeister für das Keimbläschen hält; diese Zellenbildung ist jedoch von der wirklichen, im Innern des eingedrungenen Pollenschlauches entstandenen, Keimanlage leicht zu unterscheiden, sie entwickelt sich nicht weiter.

Selbst noch späterhin (im Juni), wenn sich der Embryosack schon bedeutend vergröfsert hat, und wenn statt der einfachen Zellenreihe bereits ein dichtes Zellengewebe als Endosperm die Keimanlage umgiebt, welche ihrerseits nunmehr gleichfalls aus vielen Zellen besteht,

läfst sich nicht selten der Zusammenhang des Pollenschlauches mit dieser Keimanlage noch direct nachweisen (Taf. III, Fig. 8). Die sehr kräftigen Pollenschläuche erhalten sich bei Viscum ungewöhnlich lange; ich bewahre mehrere Präparate dieser Art.

Wenn in einer Beere zwei befruchtete Embryosäcke vorhanden sind, so verwachsen dieselben alsbald zu einem Samen, der dann zwei Keime besitzt. Die Mistel, welche auf der Birke und der Schwarzpappel nistet, hat deshalb fast immer Samen mit zwei Keimen, während der Schmarotzer auf der Tanne und namentlich auf der Kiefer in der Regel nur Samen mit einem Keim besitzt.

Wir wenden uns zum Schlufs noch zu den Nadelhölzern, deren Befruchtungsweise nur scheinbar sehr verwickelt ist. Die Hauptunterschiede der Nadelhölzer von den übrigen Phanerogamen sind in kurzem folgende: Bei den Nadelhölzern wird 1. die Pollenzelle des Blüthenstaubes nicht selbst zum Pollenschlauch, es geht vielmehr in ihr eine Zellentheilung vor sich, durch welche bei den Abietineen (Abies, Picea, Pinus und Larix) ein Zellenkörper entsteht, dessen Endzelle *e* (Taf. IV, Fig. 16 — 19), indem er den Inhalt der Zelle *d* verzehrt, zum Pollenschlauch wird (im Pollenkorn der Ephedra erscheint derselbe Zellenkörper Taf. IV, Fig. 20 — 22), bei den Cupressineen und bei den Taxineen (Cupressus, Thuja, Callytris, Juniperus und Taxus), wo kein solcher Zellenkörper entsteht, entwickelt sich dagegen die Zelle *d*, welche bei den Abietineen die Endzelle *e* ernährt, selbst zum Pollenschlauch (Taf. IV, Fig. 1 u. 2). Bei allen von mir untersuchten Nadelhölzern wird aufserdem beim Hervortreten des Pollenschlauches die Cuticula als zweiklappige Hülle abgestreift*). 2. Dringt bei den Nadelhölzern der Pollenschlauch in eine bestimmte grofse Endospermzelle (in das Corpusculum); erst wenn sich dort in ihm, und zwar in bestimmter Weise, ein Zellenkörper gebildet hat, werden die Endzellen dieses Körpers ins Innere des Sameneiweifses hinabgeführt, um daselbst zum Keime heranzuwachsen. Bei den Nadelhölzern und bei den Cycadeen kann man deshalb in doppelter Weise von einer gewissermafsen indirekten Befruchtung reden; dagegen hat sich die Vermuthung Hofmeisters, nach welcher im Pollenschlauch der Nadelhölzer Schwärmfäden entstehen sollten, in keiner Weise bestätigt; der Befruchtungsact

*) Man vergleiche meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse p. 148 u. p. 284.

der Nadelhölzer hat mit der Keimbildung der höheren Kryptogamen durchaus gar nichts gemein, er läfst sich mit derselben in keinerlei Weise vergleichen.

Ich will mich hier auf Taxus und auf Pinus silvestris beschränken. Bei beiden Pflanzen, wie bei den Nadelhölzern überhaupt, ist es durchaus nothwendig, dafs man sich über alle Entwickelungszustände, deren einige von langer Dauer sind, dagegen andere wieder sehr schnell durchlaufen werden, die vollkommenste Rechenschaft zu geben vermag. Sobald hier eine Lücke bleibt, kann man nicht weiter. Nun werden aber gerade die wichtigsten Entwickelungsmomente des Befruchtungsacts, nämlich der Eintritt des Pollenschlauches ins Corpusculum und die Vorgänge, nachdem derselbe eingedrungen ist, bis zur Bildung der Embryonalschläuche, welche das Embryon tragen, ungewöhnlich rasch durchlaufen. Man mufs deshalb, sobald der Pollenschlauch über dem Corpusculum liegt, mindestens jeden zweiten Tag eine grofse Reihe von Embryosäcken, und zwar von demselben Standort, ja von demselben Pflanzenexemplar, aufs genaueste untersuchen. Nur auf diese Weise, welche ich im letzten Sommer (1854) für Taxus, für Pinus silvestris, für Thuja orientalis und für Th. oxydentalis befolgt habe, ist es möglich, über die näheren Verhältnisse der Befruchtung ins Klare zu kommen. Auf der Tafelerklärung bemerke ich deshalb hier und bei der Abbildung der anderen Befruchtungspräparate den Tag, an welchem selbige dargestellt wurden, damit diejenigen, welche meine Untersuchungen wiederholen wollen, im Stande sind, den ungefähren Zeitpunkt richtig zu erfassen.

Indem ich die jüngeren Zustände der aufrechten Samenknospe von Taxus, welche mit einem Integument versehen ist, als bekannt übergehe*), bemerke ich nur, dafs hier und auch bei Thuja, wie bekannt, nicht selten 2 Embryosäcke vorkommen. Bei beiden Pflanzen liegen selbige aber nicht, wie bei Viscum, neben, sondern über einander. Bei Taxus wird in solchem Falle meistens nur der untere Embryosack befruchtet (Taf. IV, Fig. 4); auch bei Thuja ist der untere immer mehr entwickelt als der obere.

In der Regel treten bei Taxus mehrere, 2 bis 5, Pollenschläuche durch das aufgelockerte Gewebe der Kernwarze bis zum Embryo-

*) Man sehe meine Entwickelungsgeschichte des Pflanzenembryon, p. 71.

sack herab; sie legen sich über oder um die Spitze des letzteren, welcher um diese Zeit noch keine Zellen enthält (Taf. IV, Fig. 3) und dessen Spitze als schlauchförmige Verlängerung gewissermafsen dem Pollenschlauch entgegen wächst. Während darauf im Embryosack und zwar von seinem ganzen Umkreis aus, eine Zellenbildung stattfindet, bleibt die schlauchförmig verlängerte Spitze desselben leer, sie entwickelt sich fortan nicht weiter. Aus den im Innern des Embryosacks entstandenen Zellen entsteht darauf, indem sich die durch freie Zellenbildung hervorgegangenen Zellen ihrerseits zu theilen beginnen, allgemach ein Endosperm, welches bald den ganzen Embryosack erfüllt. Indem einige der ursprünglichen Zellen, an der Spitze des Embryosacks gelegen, ihrerseits keine Theilung eingehen, sondern sich einfach vergröfsern, werden dieselben zu den sogenannten Corpusculis, deren bei Taxus mehrere (bis 8) vorkommen. In der Spitze eines solchen Corpusculums entsteht darauf, wahrscheinlich durch Theilung eine kleine Zelle, welche ihrerseits, wieder durch Theilung übers Kreuz, die 4 Schlufszellen bildet, welche, von oben auf das Corpusculum gesehen, sowohl bei Taxus als auch bei Thuja und bei Juniperus vorhanden sind. (Auf dem Längsschnitt erblickt man natürlich nur 2 solcher Zellen, Taf. IV, Fig. 6 *y*). Dieselben sind früher von mir bei Taxus übersehen worden.

Während sich der Embryosack in der angegebenen Weise für die Befruchtung ausbildet, vergröfsert sich auch der Pollenschlauch. In der Regel liegen mehrere Pollenschläuche als weite Blasen über der oberen Fläche des Embryosacks, wo sie, Ausbuchtungen bildend, sich in die Vertiefungen desselben, unter welchen die Corpuscula liegen, senken. In den Corpusculis sieht man um diese Zeit aufser einem Zellenkern zahlreiche gröfsere oder kleinere Scheinzellen (Vacuolen) d. h. kugelige, von einer klaren Flüssigkeit erfüllte Räume, die gewissermafsen in dem dichteren körnigen Protoplasma eingebettet sind. Nicht selten und vorzugsweise bei Pinus umschliefst eine grofse Vacuole mehrere kleine (Taf. IV, Fig. 23), bisweilen wird auch, und zwar vorzugsweise bei Thuja, eine grofse Vacuole von einem dunkeln körnigen Saume, welcher erhärtet, umgeben (Taf. IV, Fig. 6 *b*). Ein Corpusculum der letzten Art entwickelt niemals eine Keimanlage. Bei der Tanne (Abies pectinata), welche im Sommer 1854 am Thüringerwalde entweder gar nicht oder sehr schlecht bestäubt war, zeigte sich diese Erscheinung ebenfalls nicht selten; sie war auch hier immer ein

Zeichen für den nahen Untergang des Corpusculums. Die Scheinzellen oder Vacuolen, welche kleinere Bildungen gleicher Art umschliefsen, und die auch um dieselbe Zeit im Pollenschlauch vorkommen, sind wahrscheinlich von Hofmeister, welcher früher das ganze Corpusculum mit freien Zellen erfüllt sein liefs*), jetzt aber eingesehen hat, dafs diese freien Zellen doch nur Vacuolen waren, für wirkliche Zellen gehalten worden. Das zweite Verhältnifs, dessen ich oben gedachte, erklärt mir aufserdem den Widerspruch, in welchem ich hier zu Hofmeister stehe**), indem ich die Anwesenheit wirklicher Zellen im Innern des Corpusculums, bevor der Pollenschlauch in dasselbe getreten ist, aufs entschiedenste verneinen mufs.

Wenn man es jetzt versucht, auf gelungenen Längsschnitten durch die Samenknospe den Pollenschlauch, noch ehe derselbe ins Corpusculum eindringt, mit Hülfe der Nadel vorsichtig zu entfernen, so findet man überall, da wo derselbe über einem Corpusculum gelegen hat, eine der Vertiefung entsprechende Ausbuchtung (Taf. IV, Fig. 6) und in derselben häufig entweder eine sehr zarte, blasse, flache Zelle (bei *c*) oder noch häufiger einen Zellenkörper, welcher von oben gesehen, eine aus 4 Zellen bestehende Rosette darstellt (Fig. 6 *x*). Läfst man sich die Mühe nicht verdriefsen, sondern opfert ganze Tage dieser schwierigen Untersuchung, so gelingt es, Zustände zu erhalten, wie ich selbige auf Fig. 7, 8, 9, 10 u. 11 abgebildet habe. Man erfährt auf diese Weise, dafs die Mutterzelle, welche die aus 4 Zellen bestehende Rosette *x* bildet, schon im Pollenschlauch entsteht, noch ehe derselbe ins Corpusculum gelangt ist, man überzeugt sich gleichfalls, dafs die Schlufszellen (*y*) der Corpuscula, noch ehe der Pollenschlauch eindringt, verschwinden (ebenso bei Thuja und bei Juniperus), man erkennt ferner, dafs der Pollenschlauch, nachdem er eingedrungen ist, sich im Corpusculum ausdehnt, und dafs aus der Rosette *x* sowohl die Anlage zu den Embryonalschläuchen, als auch zum künftigen Keim hervorgeht (Taf. IV, Fig. 13 u. 14).

Hofmeister kann zwar das Entstehen der besprochenen Rosette im Pollenschlauch, welcher über dem Embryosack liegt, nicht leugnen, er glaubt aber durch Messungen die Unmöglichkeit des Eindringens solcher Rosette in das Corpusculum beweisen zu können***). Alle diese

*) W. Hofmeister, Untersuchungen über d. höheren Kryptogamen, p. 131 u. 134.
**) Hofmeister über die Befruchtung der Nadelhölzer (Flora 1854), p. 532.
***) Flora 1854, p. 539.

Messungen beweisen aber gar nichts, weil 1. die Mündung der Corpuscula, wie deren Gefäfse überhaupt, bei Taxus von sehr verschiedener Weite ist, und weil 2. höchst wahrscheinlich die Rosette im sehr kleinen Zustande durch den Pollenschlauch ins Corpusculum geführt wird (Fig. 7 u. 8). Gröfsere Rosetten, wie man selbige z. B. Fig. 6 *x* wahrnimmt, halte ich schon zur Erfüllung ihres Zweckes für unfähig, dieselben gelangen wahrscheinlich nicht mehr ins Corpusculum, sie können sich jedoch, über demselben verbleibend, noch mehr vergröfsern und ihre Zellen weiter ausdehnen, wofür mir Hofmeister ein interessantes Beispiel vorlegte. Es ist mir überdies, wie Fig. 10 u. 11 zeigen, gelungen, den eingedrungenen Pollenschlauch sammt der in ihm entstandenen Rosette aus dem Corpusculum unversehrt heraus zu präpariren. In der Regel reifst es zwar an der verengerten Stelle des Corpusculums, wo vormals die Schlufszellen lagen, ab (Fig. 12), was sehr erklärlich ist.

Die aus 4 Zellen bestehende Rosette, welche man Fig. 12 am Grunde des Corpusculums findet, gleicht, von oben betrachtet, vollständig der Rosette *x* aus den Fig. 6, 8 u. 10. Ich habe mich aufserdem aufs bestimmteste davon überzeugt, dafs wenn eine solche Rosette am Grunde des Corpusculums liegt, eine andere in der Spitze desselben niemals vorhanden ist, dafs vielmehr, und ebenso bei Thuja, die Rosette oben und zwar in der beschriebenen Weise entsteht und allmälig nach abwärts geführt wird, um dort angelangt, sowohl die Embryonalschläuche, als auch die ersten Zellen des Embryon zu bilden.

Obschon derselbe Pollenschlauch bei Taxus mehrere Corpuscula befruchten kann, wird doch nur selten mehr als ein Keim vollständig ausgebildet. Aber gerade, weil derselbe Pollenschlauch mehrere Corpuscula befruchtet, kann man sich hier und bei Thuja sehr leicht täuschen; daher der Widerspruch zwischen Hofmeister und mir.

Bei Thuja, wo in der Regel 2 oder 3 Pollenschläuche zu den zahlreichen, dort dicht neben einander liegenden, nicht wie bei Taxus durch gewöhnliche Endospermzellen von einander getrennten Corpusculis herabsteigen, kann gleichfalls ein Pollenschlauch mehrere Corpuscula befruchten; jedoch gelang es mir, weil der Theil des Pollenschlauchs, welcher über dem Embryosack liegt, hier aufserordentlich zart wird, niemals, denselben unverletzt aus dem Corpusculum hervorzuziehen. Thuja ist deshalb für die Beobachtung weniger günstig als Taxus,

doch kommen bei ihr, wie schon erwähnt, bisweilen höchst interessante, vielfach verzweigte Pollenschläuche vor (Taf. IV, Fig. 15).

Für Pinus silvestris, mit zweijähriger Samenreife, beginnt die eigentliche Befruchtung der im Jahr zuvor bestäubten Samenknospe erst zu Anfang des Juni; der Pollenschlauch ist um diese Zeit so weit, dafs er Miene macht, ins Corpusculum hineinzutreten. Die Corpuscula der Abetineen sind nach aufsen hin von einer Lage kleiner Zellen umgeben, welche sich durch die gelbliche Färbung ihres feinkörnigen Protoplasma von den übrigen Endospermzellen unterscheiden. Der Inhalt der Corpuscula selbst besteht aus einem körnigen, ziemlich dickflüssigen Protoplasma, in welchem zahlreiche Scheinzellen (Vacuolen) vertheilt sind (Taf. IV, Fig. 23). Auch im Pollenschlauche selbst findet man ähnliche Vacuolen. Für jedes Corpusculum scheint hier nur ein Pollenschlauch bestimmt zu sein, derselbe senkt sich in den Kanal, welcher zum Corpusculum führt, er drängt die Schlufszellen, welche hier jedoch etwas anders als bei Taxus und Thuja gebaut sind, und welche auch nicht wie dort resorbirt werden, auseinander und liegt so, eine geringe Einbuchtung bildend, unmittelbar über der Membran der Corpuscula. Jetzt scheint in der Einbuchtung des Pollenschlauchs, wie bei Taxus, eine Zelle gebildet zu werden, welche, während der Pollenschlauch ins Corpusculum eindringt, mehr oder weniger anschwillt und sich darauf zu theilen beginnt (Taf. IV, Fig. 24, 25, 26, 27 u. 28). Ob die zuerst entstandene Zelle, deren Entstehungsweise mir noch nicht ganz klar ist, sich ihrerseits zuerst einmal in wagerechter Richtung theilt (Fig. 26 u. 28), oder ob diese wagerechte Theilung bisweilen unterbleibt und sofort eine senkrechte Theilung eintritt (Fig. 25 u. 27), vermag ich nicht zu entscheiden; es scheint jedoch, als ob beide Fälle vorkommen.

Durch die letzte Art der Theilung, welche übers Kreuz geschehen mufs, entsteht darauf ein aus 4 Zellen bestehender Körper, den wir auf Fig. 29 als x in der Spitze des Corpusculums am schlauchförmigen Theil des eingedrungenen Pollenschlauches hängend, finden; der letztgenannte Theil entspricht hier dem Embryoträger der übrigen Phanerogamen.

Schon kurz vor dem Eintritt des Pollenschlauches ins Corpusculum wird das Protoplasma des letzteren, und zwar von oben nach unten gehend, dünnflüssiger; die Vacuolen verschwinden im oberen Theil, während sie sich in der unteren Hälfte noch etwas länger er-

halten. Wenn das Messer ein Corpusculum in diesem Stadio verletzt, so fliefst der Inhalt der oberen Hälfte freiwillig aus, während der Inhalt der unteren Hälfte erst durch Betupfen mit dem Pinsel entfernt werden mufs. Bald nachdem der Pollenschlauch eingetreten ist und sich der an ihm hängende Zellenkörper ausgebildet hat, löst sich derselbe vom schlauchförmigen Theil, oder vom Embryoträger ab und gelangt, von dem dickflüssigen Protoplasma in der unteren Hälfte des Corpusculums getragen, allmälig an den Ort seiner Bestimmung, an den Grund des Corpusculums, wo er sich weiter ausbildet und aus ihm sowohl die Embryonalschläuche als auch die Keimanlage entstehen.

Bei dem Versuch, das auf Fig. 29 getreu abgebildete Präparat unter Chlorcalciumlösung aufzubewahren, trennte sich der Körper x von seinem Aufhängefaden, er liegt gegenwärtig an der mit a bezeichneten Stelle und giebt von oben gesehen das Bild der Fig. 30; er entspricht demnach vollkommen der aus 4 Zellen bestehenden Rosette, welche man später am Grunde befruchteter Corpuscula findet, und welche ich auf Fig. 33, als von oben betrachtet, dargestellt habe.

Gerade dieses Präparat habe ich, neben anderen, bei einer von Hofmeister gewünschten freundschaftlichen Zusammenkunft in Halle demselben vorgelegt und gerade dieses Präparat wird jetzt von ihm, wunderbarer Weise, für »ein Artefact, wo die Zellenrosette einem benachbarten Corpusculum angehörig, durch den Schnitt in ein unbefruchtet gebliebenes Corpusculum gedrückt ward«*), gehalten. Hofmeister erklärt es überdies für unwahrscheinlich, dafs zwei Corpuscula eines und desselben Embryosackes so verschiedene Entwickelungszustände der Embryoanlage zeigen könnten; allein der Beweis der Möglichkeit ist gerade durch dieses Präparat gegeben. — Hofmeister hätte vielleicht besser gethan, erst die Veröffentlichung meiner Abbildungen und deren Erklärungsweise abzuwarten; er würde alsdann wenigstens auf passendere Einwendungen Bedacht genommen haben.

Die Herstellung eines Zustandes, wie ich ihn auf Fig. 29 mit vollster Klarheit beobachtet habe, ist eine Glückssache; es wird vielleicht nur selten gelingen, ein solches Präparat zu gewinnen. Dagegen ist die Herstellung jüngerer Zustände, als Fig. 26, 27 u. 28, keineswegs schwierig. Hier darf man noch das Corpusculum selbst durchschneiden, ja man mufs sogar eine zarte Längslamelle aus der

*) Hofmeister in der Flora 1854, p. 541.

Mitte desselben gewinnen, wenn man die Bildung des Körpers x genau wahrnehmen will; später darf man dagegen das Corpusculum nicht im mindesten verletzen, weil sich alsdann das, dem Aufhängefaden oder dem Embryoträger nur noch lose anhängende, Körperchen von selbigem trennt und meistens beim Uebertragen des Schnittes auf die Objectplatte aus dem angeschnittenen Corpusculum verloren geht.

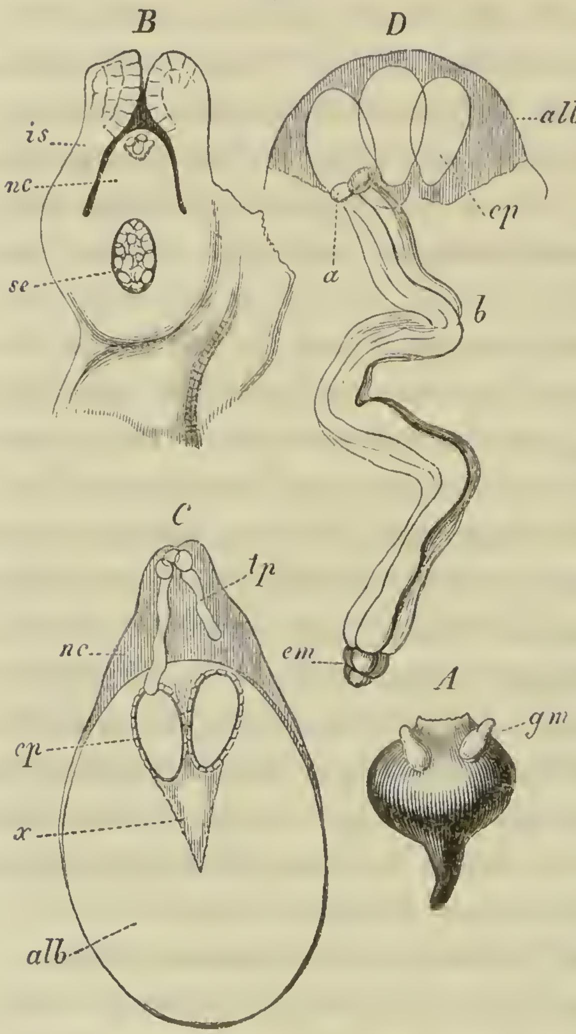
Einen indirekten Beweis, dafs das besprochene, in der Spitze des Corpusculums entstandene, Körperchen x mit der später im Grunde des Corpusculums vorhandenen Rosette identisch ist, gewinnt man aufserdem noch dadurch, dafs, solange der Körper x an seinem Embryoträger hängt (Fig. 26 — 29), im Grunde des Corpusculums keine Rosette vorhanden ist; dafs dagegen, sobald sich eine solche findet, auch jederzeit der ziemlich tief ins Corpusculum eingedrungene schlauchförmige Theil des Pollenschlauches, als entleerter Embryoträger ihr gegenüberliegend, erscheint, und in der Regel an demselben noch kleine Fetzen, einer zerrissenen Membran angehörig, sichtbar sind (Taf. IV, Fig. 29, 31 u. 32 *f. s*).

Nach Hofmeisters neuester Darstellung soll die im Grunde des Corpusculums befindliche Rosette aus einer einfachen Zelle entstehen, deren unmittelbare Berührung mit dem Pollenschlauch er nicht wahrgenommen. Aber Hofmeister ist sicher im Irrthum, die von mir mitgetheilten Thatsachen wiederlegen ihn zur Genüge; dazu kommt noch das Unbegreifliche einer Befruchtung durch den Pollenschlauch aus der Entfernung, an welche doch schwerlich heut zu Tage noch irgend jemand glauben wird; zumal da in der neuesten Zeit Newport, Keber, Meifsner, Bischof und Andere nachgewiesen haben, dafs auch im Thierreich die Samenfäden, oder die sogenannten Samenthiere, nicht, wie man bisher glaubte, nur das Ei umspielen, sondern dafs sie wirklich in das Innere desselben eindringen und an der Bildung des Keimes materiellen Antheil nehmen.

Ob die Theilung des im Pollenschlauch entstandenen Körpers x zur Bildung der vierzelligen Rosette in allen Fällen schon in der Spitze des Corpusculums vor sich geht, oder ob sich der Körper bisweilen ablöst, noch ehe diese Theilung erfolgt ist, lasse ich freilich dahingestellt. In einem solchen, aber gewifs selten vorkommenden, Falle wäre es möglich, dafs eine grofse, einfache, wirkliche Zelle im Grunde des befruchteten Corpusculums gefunden würde. Ich selbst habe niemals eine derartige ungetheilte Zelle im Grunde des Corpusculums

gesehen, ich traf die dort vorhandene Rosette sogar häufiger schon in der zweiten Theilung begriffen (Fig. 31), so dafs aus 4 Zellen bereits 8 Zellen entstanden waren, deren je 2 über einander lagen. Die oberste Zellenreihe *a* bildet nunmehr keine neue Zellen, dagegen theilt sich die untere Lage *b* noch einmal; jetzt besteht die Rosette aus 3 mal 4 über einander liegenden Zellen (Fig. 32). Die unterste Zellenlage (*c*) theilt sich endlich wiederum; so entstanden die Zellenlagen *a*, *b*, *c* u. *d* der Fig. 29, wo *a* äufserst zartwandig bleibt und bald verschwindet, *b* dagegen den Befestigungspunkt der Embryonalschläuche *c* mit dem Corpusculum abgiebt und als sogenannte untere Rosette bekannt ist und *d* endlich die Anlage des künftigen Keimes bildet.

Fig. 48.



Bei Pinus silvestris finden sich mehrere, 2 bis 5, Corpuscula; es werden auch häufig mehrere derselben befruchtet, aber dennoch fand ich niemals reife Samen mit zwei Keimen*).

Die Keimanlage gelangt bei allen von mir untersuchten Coniferen durch die Verlängerung ihrer Embryonalschläuche tief in das Sameneiweifs hinab (Fig. 46), und bildet sich in der Achse desselben zum Keim heran. Die Embryonalschläuche sind, wenn der Same reift, in der Regel verschwunden; nur bei der Lerche

Fig. 48. Der Befruchtungsact der Kiefer. *A* Eine junge Fruchtschuppe dieses Baumes, bald nach ihrem Entstehen vom weiblichen Blüthenstande ge-

*) Eine vorläufige kurze Mittheilung meiner neuen Untersuchungen über die Befruchtung der Nadelhölzer habe ich im Anhang meiner Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse gegeben, auf dieselbe bezieht sich Hofmeisters Entgegnung in der Flora No. 34. von 1854.

und bei einigen Cycadeen lassen sie sich noch im reifen Samen nachweisen. Diese Embryonalschläuche sind am besten dem gleichfalls sehr langen, auch aus mehreren Zellenreihen bestehenden, Embryoträger von Tropaeolum zu vergleichen.

Ueber die Befruchtung von Citrus, wo durch einen Pollenschlauch mehrere Keimanlagen gebildet werden, wird mit nächstem eine genaue Darstellung von mir erfolgen. (In der Flora von 1855).

Die Wichtigkeit der Frage und die grofsen Schwierigkeiten ihrer Lösung liefsen mich hier mehr als anderswo ins Specielle eingehen; es war hier durchaus nothwendig, für den einzelnen Fall auch eine ganz bestimmte Methode anzugeben, und auf die mancherlei Täuschungen, denen man ausgesetzt ist, aufmerksam zu machen. Auf die Untersuchung der Orchideen kann ich z. B. gar kein Gewicht legen, hier täuschen die Zellen der Integumente zu sehr; nicht viel besser ist es mit anderen Pflanzen, die ein Freilegen der Spitze des Embryosackes unmöglich machen.

Wie nothwendig es ist, durchaus lückenfreie Entwickelungsreihen zu besitzen, zeigen namentlich die Nadelhölzer; wenn hier ein Zustand fehlt, so wird unter Umständen das ganze Verhältnifs dunkel. Aus diesem Grunde werde ich auch im nächsten Jahre meine Untersuchungen an diesen Pflanzen weiter führen, zumal da noch einige Punkte vergleichend zu erledigen sind. Es ist nämlich unter anderem noch festzustellen, ob bei allen Abietineen mit hängendem Zapfen, die Be-

löst. Die beiden Samenknospen (*gm*) sind bereits angelegt. (Vergröfs. 10 mal). *B* Längsschnitt durch eine Samenknospe, die bereits bestäubt ist; auf der Spitze ihres Knospenkerns (*nc*) liegen Pollenkörner; *is* die einfache Knospenhülle, *se* der Embryosack, in welchem bereits eine Zellenbildung stattgefunden. (Vergröfserung 35 mal). Bis zum kommenden Frühjahr bleibt die Samenknospe ziemlich unverändert; jetzt entstehen, mit dem Erwachen der Natur, im Zellengewebe des Keimsackes die Corpuscula. *C* giebt einen Längsschnitt durch den Knospenkern der Samenknospe im zweiten Frühjahr; die Knospenhülle ist entfernt; *nc* der Knospenkern, in dessen Gewebe Pollenschläuche (*tp*) zum Corpusculum (*cp*) hinabsteigen und in dasselbe hineindringen; *alb* das Eiweifs oder das Zellgewebe im Embryosack, *x* die Partie desselben, welche sich auflockert und in welche später die Embryonalschläuche hinabsteigen. *D* Der obere Theil des Eiweifses (*alb*) der befruchteten Samenknospe im Längsschnitt (einige Wochen später); *cp* Corpusculum, *a* die Zellen der Rosette im Innern eines Pollenschlauches, der in ein Corpusculum gedrungen ist, entstanden, *b* die Zellen der Embryonalschläuche, *em* die Anlage zum Embryon, aus welchem sich der Keim der Kiefer bildet. (*C* und *D* 100 fach vergröfsert).

fruchtung wie bei der Kiefer erfolgt, und ob bei denen mit aufrechtem Zapfen die Weise von Taxus, nämlich das weitere Eindringen des Pollenschlauches in das Corpusculum stattfindet, so dafs in dem einen Falle die Rosette durch ihre eigene Schwere, in dem andern dagegen, was auf diesem Wege nicht wohl möglich wäre, durch eine Ausdehnung des Pollenschlauches selbst an den Ort ihrer Bestimmung gebracht wird.

Es wäre sehr zu wünschen, dafs der Streit über die Befruchtung endlich geschlichtet würde. Ich meinerseits habe das Mögliche gethan und die Beobachtungen, auf welche ich meine Ansicht stütze, aufs sorgfältigste und vielfachste wiederholt; der Erfolg blieb in der Hauptsache immer derselbe. Durch Deecke's schöne Untersuchungen und durch das höchst glückliche, von ihm bei Pedicularis silvatica gewonnene, Präparat sind meine Beobachtungen für diese Pflanze aufs vollkommenste bestätigt worden. Deecke hat aufs neue den Beweis geliefert, dafs man durch Ausdauer und Beharrlichkeit in dieser Frage bei einer geeigneten Pflanze mehr erreicht, als durch die flüchtige Untersuchung vieler verschiedener, oft sehr ungünstiger, Pflanzen. Ich kann nur auffordern seinem Beispiel zu folgen. Sowohl die Pflanzen, welche man zu wählen hat, als auch die Weise, wie man bei ihnen verfährt, sind deshalb von mir aufs genaueste bezeichnet worden. Beobachtungen, wie selbige Hofmeister in Menge geliefert hat, bleiben zwar durch ihre Nebenresultate für die Entwickelungsgeschichte im allgemeinen werthvoll; für die Befruchtungsfrage selbst, d. h. für das Verhalten des Pollenschlauches zum Embryosack, haben sie dagegen keine Bedeutung, weil eine Thatsache durch negative Beobachtungen niemals widerlegt werden kann.

Für die weitere Ausbildung der Embryonanlage zum Keime hat man bei dicotyledonen Pflanzen auf das erste Hervortreten der beiden Samenlappen als kleine Erhebungen der anfangs runden Embryonanlage zu achten; man hat dann weiter auf die Ausbildung dieser Samenlappen und der Stammspitze (der Plumula) zwischen ihnen, desgleichen auf das Entstehen des Cambiumringes in der Keimachse und auf die Bildung der Wurzelhaube am Radiculaende zu sehen, und endlich das Verhalten des Embryon im reifen Samen, die Lage und Form desselben, die Anwesenheit oder das Fehlen des Eiweifses (bei Nymphaea ist ein doppeltes Eiweifs), die Veränderungen des Integuments durch Resorption oder Zellverdickung u. s. w. zu untersuchen. Beim

Albumen ist dessen Inhalt mit Reagentien zu prüfen. Die Samenschale, welche meistens aus den Integumenten entstanden ist, zeigt oftmals stark und sehr zierlich verdickte Zellen.

Das Embryon der Monocotyledonen bietet in seiner Gestalt und in der Anordnung seiner Theile weit mehr Verschiedenheiten als das Embryon der Dicotyledonen, eine genaue Untersuchung desselben, verbunden mit einer Keimungsgeschichte (Fig. 37 u. 38, p. 114 u. 115), wird deshalb für manche Fälle sehr wünschenswerth sein.

Für die Keimung sowohl monocotyledoner als dicotyledoner Pflanzen endlich ist zuerst eine genaue Untersuchung des Embryon vor der Keimung, ob schon Gefäfsbündel vorhanden sind und wie selbige verlaufen, ob in der Plumula Blätter angelegt sind oder nicht, nothwendig. Man beobachtet dann in kurzen Zwischenräumen das Weiterschreiten des Keimlings; man achtet wiederum zunächst auf das Wachsthum der Achse (Stamm und Wurzel), auf die Vertheilung der Gefäfsbündel und auf die allmälige Heranbildung des Holzringes aus ihnen. Man hat ferner auf die anatomische Grenze zwischen Stamm und Wurzel, welche sich in der Regel schon äufserlich kundgiebt und bei einigen Pflanzen dicht unterhalb der Samenlappen liegt (Quercus, Juglans), bei anderen aber erst weiter abwärts auftritt (bei den Nadelhölzern, bei Fagus u. s. w.) zu achten. Auch die Stellung der jungen Blätter, ob sie derjenigen entspricht, welche die ältere Pflanze zeigt u. s. w., ist hier zu berücksichtigen*).

Methode für die Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle.

Die Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle erfordert im Allgemeinen eine unweit geringere Fertigkeit im Präpariren, als die Entwickelungsgeschichte der Pflanzentheile selbst, aber dennoch gehört sie zu den schwierigsten Fragen. Für ihre Lösung ist ein aufmerksamer, unbefangener, urtheilsfähiger Beobachter, der viel gesehen haben mufs und aufserdem ein Mikroskop ersten Ranges nothwendig. Die Reagentien wirken hier nur bei sehr vorsichtiger Anwendung; Jod und Schwefelsäure greifen z. B. die ganz jungen Zellen zu

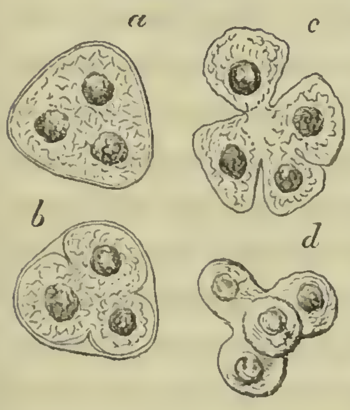
*) Als Beispiel einer derartigen Untersuchung verweise ich auf die Keimungsgeschichte der Wallnufs in meinen Beiträgen zur Anatomie und Physiologie der Gewächse.

energisch an, der Zellinhalt gerinnt in der Regel augenblicklich; Jodlösung, Chlorzink-Jodlösung, verdünnte Kalilösung und verdünnte Säuren, desgleichen Zuckerwasser, auch Oelsüfs und zwar im mehr oder weniger verdünnten Zustande, sind hier mit gröfserem Vortheil anzuwenden. Eine grofse Reihe von Beobachtungen und eine richtige Deutung ihrer Reihenfolge ist auch hier sehr wesentlich. Am schwierigsten wird die Beobachtung für das geschlossene Gewebe.

Die Entwickelung unverbundener Zellen studirt man bei Kryptogamen an den Sporen und Brutknospen, bei den Phanerogamen dagegen am Blüthenstaube. Für Sporen- und Pollenentwickelung sind zarte Quer- und Längsschnitte durch die jüngsten Zustände der Sporenfrucht und der Anthere nothwendig; man mufs so weit zurückgehen, dafs man bei Laub- und Lebermoosen (Hypnum, Anthoceros) nur e i n e Zellenreihe der ersten Mutterzellen im Umkreis des Mittelsäulchens findet; bei den Farren mufs man mit dem Auftreten des Sporangiums als einfache Zelle beginnen; bei den Phanerogamen mufs man ebenfalls so junge Antheren wählen, um mit dem Auftreten e i n e r einzigen Reihe von Mutterzellen in jedem Antherenfach anfangen zu können. Indem man die Gröfse der Sporenfrucht oder der Blüthenknospe genau beachtet, selbige bisweilen mifst und deren Maafs notirt, schreitet man darauf allmälig vorwärts. Für die Pollenuntersuchung ist der ährenständige Blüthenstand sehr günstig; man beginnt dort mit den Knospen der höchsten Spitze und geht von ihnen langsam, ohne Ueberspringung, nach abwärts. Bei ganz jungen Zuständen werden die Querschnitte am besten durch die ganze Knospe geführt; man isolirt dann die durchschnittenen Antheren unter dem einfachen Mikroskop, betrachtet sie zuerst als Querschnitte, um die Anordnung der Mutterzellen im Antherenfach kennen zu lernen, und löst letztere darauf, durch Entfernung des umgebenden Parenchyms mit der Nadel, frei. Für die Mutterzellen des Pollens sowohl als der Sporen hat man auf deren Gröfse, auf die Beschaffenheit ihrer Wandungen, ob selbige mit doppelter oder einfacher Contour sichtbar ist, ob sie Verdickungsschichten zeigt, bei Viscum, oder nicht und auf die Reaction derselben gegen Jod, sowie gegen Chlorzink-Jodlösung, ganz besonders aber auf deren Inhalt zu achten. Man hat dann vornämlich darauf zu sehen, ob ein Zellkern vorhanden, und ob derselbe central oder wandständig ist, ob er eine Anlage zur Theilung zeigt, oder wohl gar schon in der Theilung begriffen ist; man hat ferner auf die Zahl seiner

Kernkörperchen; auf die Vertheilung des meistens körnigen Schleims im Umkreis der Zellwandung (von Mohl's Protoplasma) und dessen Verhalten zu den Cytoblasten zu sehen. Man hat endlich darauf zu achten, ob diese ersten Mutterzellen wiederum zu Mutterzellen für andere werden, oder ob sich in ihnen sogleich die Sporen oder Pollenkörner entwickeln; bei Anthoceros*) ist letzteres der Fall, in der Anthere von Meriolix bildet dagegen die Mutterzelle erst mehrere Generationen anderer Mutterzellen, ehe sich in der letzten Generation die 4 Pollenkörner entwickeln. Die Zahl dieser Mutterzellen-Generationen wird, da es hier an sicheren Anhaltspunkten für die Entwickelungsstufen fehlt, oftmals kaum mit Gewifsheit zu bestimmen sein (Fig. 49).

Fig. 49.



Der oft sehr körnige Inhalt der Mutterzellen und der Tochterzellen in ihnen erschwert in einzelnen Fällen die Beobachtung; da man hier aber nicht mit e i n e r, sondern mit einer grofsen Menge von Zellen operirt, so mufs man aus ihnen die günstigsten wählen; verdünnte Kalilösung bessert hier bisweilen einiges. Man mufs die Untersuchung bis zur völligen Ausbildung des Sporen oder des Pollens fortführen; die Anwendung von Jod und Chlorzink-Jodlösung ist dabei für die chemische Beschaffenheit der Zellen und ihres Inhalts wichtig. Ein Maceriren der ganzen Anthere oder der Sporenfrucht nach der Schulz'schen Methode und ein nachheriges Behandeln derselben mit Chlorzink-Jodlösung möchte auch vielleicht nicht unvortheilhaft sein. Für die Behandlung der fertigen Sporen sowie des Pollens verweise ich auf das bei der fertigen Blüthe Gesagte.

Bei Viscum läfst sich die Bildung der einzelnen Häute des jungen Pollenkornes besonders schön verfolgen. Es zeigt sich nämlich bald nachdem die Theilung des Inhaltes der Mutterzelle in 4 gleiche Portionen, deren jede ihren Zellkern besitzt, erfolgt ist, eine deutliche

Fig. 49. Mutterzellen des Sporen von Blasia pusilla. *a* vor der Theilung des Zelleninhaltes, *b* im Beginn der Theilung, *c* und *d* weiter vorgeschrittene Zustände der Theilung; die erweichte Membran der Mutterzelle hat sich unter blauer Färbung in Chlorzink-Jodlösung aufgelöst (400mal vergröfsert).

---

*) Botanische Zeitung 1850. pag. 457.

feste Scheidewand, welche die Mutterzelle jetzt in 4 Fächer theilt; diese Scheidewand, welche als das erste Produkt des getheilten Inhalts der Mutterzelle betrachtet werden mufs, entspricht den Specialmutterzellen nach Nägeli. Bei Althaea rosea*) macht es sich ebenso, und dort erkennt man deutlich, dafs eine jede der quer durch die Mutterzelle gehenden Scheidewände aus 2 Platten besteht, wonach sich die sogenannte Specialmutterzelle als die erste häutig ausgeschiedene Schicht der jungen Pollenzelle ergiebt. Bald zeigt sich bei Viscum ums junge Pollenkorn eine zweite und darauf eine dritte Schicht. Diese beiden Schichten, welche anfänglich in ihrem chemischen Verhalten einander gleich sind, zeigen drei verdünnte Stellen. Die obere Schicht, welche anfangs gleich der unter ihr liegenden glatt ist, bildet bald darauf nach aufsen hin kleine warzenförmige Erhebungen, wobei jedoch die verdünnten Stellen frei bleiben; diese Erhebungen wachsen und mit ihnen nimmt die ganze Schicht an Dicke zu; sie wird zur Cuticula, welche sich von nun ab auch als solche durch ihr chemisches Verhalten zu erkennen giebt. Die unter ihr liegende Schicht, welche sich gleichfalls verdickt, bildet die Pollenzelle. Vergleicht man im Frühling darauf ein reifes Pollenkorn der Mistel mit dem jungen Pollenkorn des vorigen Sommers, so sieht man, dafs die Cuticula noch bedeutend an Dicke zugenommen hat, ohne dafs sich ihre warzenförmigen Erhebungen vergröfsert haben; es bleibt mir deshalb fraglich, ob die Dickenzunahme der Cuticula hier durch eine Secretion von Cuticularstoff durch die Membran der Pollenzelle vermehrt ward, oder ob die Pollenzelle selbst sich durch Schichtenbildung verdickt hat, und ihre älteren Schichten zu Cuticularschichten geworden sind, was ich sogar für wahrscheinlicher halte; in diesem Falle würde man bei der Cuticula des Pollenkornes, wie bei den Oberhautzellen, eine wahre Cuticula und Cuticularschichten zu unterscheiden haben. Die Membran der Mutterzellen und die Specialmutterzellen verschwinden.

Die Entwickelung der Brutknospen, sie mögen sich nun in eigenen Organen oder an bestimmten oder unbestimmten Stellen der Pflanze entwickeln, hat man jederzeit von der ersten Zelle ab zu verfolgen. Die Untersuchung der Brutknospen von Blasia liefert viel Interessantes; dort sind dünne Längsschnitte durch den Brutknospen-Apparat noth-

*) Meine Pflanzenzelle, Taf. VI, Fig. 17, 18. Pringsheim über Zellenbildung, Taf. IV, Fig. 4—12.

wendig. Bei der sterilen Form von Jungermannia anomala entwickeln sich im Winter und Frühjahr aus der Unterseite der jüngsten Blätter ähnliche Brutknospen; hier sind ganz dünne Längsschnitte durch die Mitte des Stengels erforderlich. Für die Brutknospen der Kryptogamen wäre deren weitere Ausbildung zur Pflanze, verbunden mit einer Keimungsgeschichte aus der Spore derselben Pflanzenart, als vergleichende Untersuchung von hoher Bedeutung.

Für die Untersuchung der geschlossenen Gewebe, die wegen der Kleinheit der Zellen und der Menge des körnigen Inhalts in der Regel grofse Schwierigkeiten darbietet, ist die Spitze der Achse, d. h. des Stammes sowohl als auch der Wurzel, und die Basis der jungen Blätter, nur selten brauchbar. Die Entwickelung der Lebermoos- und der Sphagnumblätter ist dagegen für die Zellenbildung durch Theilung sehr günstig*).

Für die Zellenbildung überhaupt ist der Embryosack und die erste Bildung des Zellengewebes in ihm sehr zu empfehlen. Die ersten Zellen im Embryosack der Nadelhölzer, der Onagrarieen u. s. w., entstehen um freie Cytoblasten, sie werden darauf zu Mutterzellen, welche durch Theilung ihres Zelleninhaltes Tochterzellen bilden. Durch den Embryosack kann man dennoch sowohl die freie Zellenbildung als auch die Zellenbildung durch Theilung kennen lernen. Im Embryosack von Viscum (Taf. III, Fig. 5 und 6), von Pedicularis, Lathraea (Taf. III, Fig. 17), Monotropa, und wahrscheinlich noch bei vielen anderen Pflanzen, erfolgt auch die Bildung der ersten Zellen durch Theilung. Beide Typen der Zellenbildung kommen demnach auch hier vor, und nicht die freie Zellenbildung allein, wie ich es bisher angenommen habe. Die ersten Zellen im Pollenschlauch scheinen sogar immer durch Theilung des Inhaltes nach vorangegangener Bildung eines Cytoblasten zu erfolgen (Taf. III, Fig. 6, 14, 20 u. 24).

Um den Vorgang der Zellenbildung durch Theilung wirklich zu studiren, sind jedenfalls die niederen Algen, z. B. Chladophora, Conferva, Oedogonium u. s. w., am geeignetsten; an selbigen hat Pringsheim ganz neuerlich wichtige Beobachtungen gemacht**).

---

*) Man vergleiche meine Pflanzenzelle, pag. 66. Taf. IV, Fig. 8—10 und Taf. V, Fig. 37.

**) Nach Pringsheim giebt es keinen Primordialschlauch als besondere Membran; dasjenige, was man bisher so nannte, ist nach ihm die äufsere hautartig gewordene Schicht des Protoplasma, welche er Hautschicht desselben nennt und

Ich glaube es giebt nur *eine* Art der Zellenbildung, *ein Entstehen von Tochterzellen in Mutterzellen. Ich glaube es giebt keine Zellenbildung ohne Cytoblasten.* Der Cytoblast entsteht entweder neu oder durch Theilung eines älteren Cytoblasten; gewöhnlich zerfällt der letztere in zwei Theile; bei der Sporenbildung von Anthoceros theilt sich der so entstandene Cytoblast noch einmal in derselben Weise. Welchen Einfluſs der Cytoblast auf das Entstehen der jungen Zelle hat, zeigt sich gerade bei Anthoceros sehr deutlich*); eine Masse von Schleimfäden verläuft vom Umkreis der Mutterzelle zu den Cytoblasten, endlich theilt sich diese Schleimumkleidung der Mutterzelle in vier Theile, in vier ringsum geschlossene Schleimzellen, deren jede ihre Cytoblasten besitzt; dann erst entwickelt sich (über die oder aus der zuerst enstandenen stickstoffhaltigen Schicht?) das stickstofffreie Zellstoffhäutchen. Im Embryosack der Phanerogamen entsteht bei der freien Zellenbildung ebenfalls zuerst der Cytoblast, ihn umgiebt eine mehr oder weniger mächtige Schleimzone, aus dieser scheint sich die stickstoffhaltige erste Umhüllung (der sogenannte Primordialschlauch) zu bilden, über selbige zeigt sich dann etwas später die Zellstoffzelle. Im Embryosack beginnt die Zellenbildung immer im Umkreis der Membran desselben; es scheint demnach als wenn auch hier durch Anhäufung des Protoplasma die erste Veranlassung zur Zellenbildung gegeben würde. — Ich muſs zwei Modificationen der übrigens gleichen Zellenbildung annehmen; indem sich das eine Mal der gesammte Inhalt der Mutterzelle in so viel Theile theilt als Tochterzellen entstehen, das andere Mal aber eine directe Theilung des Zellinhaltes nicht erfolgt; in beiden Fällen bildet sich die Zellstoffhülle erst später als der sogenannte Primordialschlauch. Die Schwärmsporen der Algen (Chlamidococcus) haben anfänglich keine Zellstoffhülle.

---

welche allmälig entweder zur primären Zellstoffwand einer neuen Zelle, oder zur Verdickungsschicht einer bereits vorhandenen Zelle wird. Während nun die Hautschicht des Protoplasma zur Zellenmembran wird, bildet sich, nach Pringsheim, aus dem körnig-flüssigen Theil des Protoplasma, welchen er *Körnerschicht* desselben nennt, eine neue Hautschicht u. s. w. Die Zellenbildung durch Theilung erfolgt nach ihm durch Abschnürung der Hautschicht vom Rande her. Für das Nähere muſs ich auf das Werk selbst verweisen. (N. Pringsheim, Bau- und Bildung der Pflanzenzellen, Berlin bei Hirschwald. 1854).

*) Botanische Zeitung (1850. Taf. VI, Fig. 8—22).

Bei der Theilung des Inhalts der Mutterzelle in eine bestimmte Zahl von Portionen wird in den meisten Fällen die Zellstoffhülle der Mutterzelle resorbirt. Die Zellstoffhülle der Mutterzelle erscheint oftmals schon während der Theilung ihres Inhaltes gallertartig erweicht, so bei der Pollenbildung von Viscum und Althaea; später ist sie gänzlich verschwunden. Die Tochterzellen bilden jetzt ihrerseits Zellstoffschichten; die erste Zellstoffhülle, welche um die Tochterzelle entsteht, wird häufig, so bei vielen Pollenkörnern, später mit der Membran der Mutterzelle aufgelöst; diese zuerst entstandene Zellstoffhülle ist in solchem Falle Nägeli's Specialmutterzelle. Bei Ulothrix zonata und bei einigen anderen Algen wird die Wand der Mutterzelle nicht resorbirt*).

*) Man vergleiche meine Pflanzenzelle, p. 153. Taf. III, Fig. 11—15.

VI.

Einige Beispiele für die Entwickelungsgeschichte der Blüthe.

Um eine langweilige Erklärung jedes einzelnen Theiles der Figuren zu ersparen und um dieselben auf den ersten Blick verständlicher zu machen, habe ich die einzelnen Theile mit den ersten Buchstaben ihrer lateinischen Benennungen bezeichnet; dieselben sind folgende:

anth. Anthera.
bract. Bractea.
filam. Filamentum.
gemm. Gemmula.
germ. Germen.
m. poll. Massa pollinis.
pet. Petalum.
sep. Sepalum.
spermoph. Spermophorum.
stigm. Stigma.
styl. Stylus.

Für die regelmäfsige Blüthe, d. h. für die Blüthe, deren Blattkreise aus einer gleichen Anzahl Blätter gebildet werden, habe ich Asclepias gewählt, da sowohl der Bau des Filamentes und der Anthere als auch des Fruchtknotens in ihrer weiteren Ausbildung eigenthümliche Abweichungen vom gewöhnlichen Entwickelungsgange zeigen.

Für die unregelmäfsige Blüthe wähle ich jetzt eine Grasart (Agropyrum giganteum), weil hier sowohl der erste als auch der zweite Blattkreis nicht vollzählig sind; die in der ersten Auflage dieser Schrift besprochenen Beispiele von Stachys, Salvia und Cleome sind schon oben im Text berührt worden.

Asclepias syriaca.
(Taf. V. Fig. 1—23).

Die erste Anlage zur Blüthe erscheint als rundes, zelliges Wärzchen in der Achsel eines jungen Deckblattes; ein wenig später zeigen sich auf diesem Wärzchen fünf kleine in einen Kreis gestellte Erhebungen, die fünf Kelchblätter (Fig. 5). Ein Längsdurchschnitt zeigt in diesem Stadio die Achsenspitze als wenig gewölbte, von den Kelchblättern umgebene Fläche (Fig. 4). Etwas später erscheinen die fünf Blumenblätter als fünf mit den Kelchblättern, die inzwischen gröfser geworden sind, alternirende Erhebungen. Bald darauf zeigt sich ein dritter, aus 5 Wärzchen bestehender Blattkreis (die Antheren), selbige alterniren mit den Blumenblättern (Fig. 6). Bis dahin erhielt sich die Achsenspitze als gewölbte Fläche, jetzt aber erheben sich aus ihr zwei kleine Wärzchen, die ersten Anlagen des Fruchtknotens (Fig. 6). Sämmtliche Blüthentheile sind nunmehr angelegt, sie entwickeln sich mit einander weiter; für den Kelch und die Blumenblätter ist ferner nichts besonderes zu bemerken, die fünf Staubblätter und die beiden Pistille fesseln von nun an allein unsere Aufmerksamkeit. Die Antheren, als rundliche Wärzchen entstanden, erscheinen bald auf dem Querschnitt länglich (Fig. 8), sie sind, wie der Längsschnitt (Fig. 7) zeigt, etwas höher als die Blumenblätter eingefügt; noch etwas später zeigt sich auf dem Querschnitt sowohl das Gefäfsbündel des Connectivs (Fig. 10 *a*) als auch die Anlage zu den beiden Antherenfächern (Fig. 10 *b. b.*). Die Längsschnitte Fig. 9 u. 11 zeigen ebenfalls das Entstehen der Antherenfächer (*b*); die Spitze der Antheren (*z*) breitet sich schon auf beiden Figuren flächenartig über den Narbenkörper aus, das Filament der Anthere ist noch einfach, ohne irgend ein Anhängsel.

Kehren wir jetzt zu den Pistillen, die wir auf Fig. 6 als zwei kleine warzenförmige Erhebungen, von den Antheren umgeben, verliefsen, zurück. Schon auf Fig. 8 sehen wir dieselben als zwei halbmondförmige mit ihren Rändern gegen einander gewendete Organe. (Fig. 7 zeigt dieselben auf dem Längsschnitt). Mit der weiteren Entwickelung vermehrt sich die Krümmung jeder Fruchtknotenanlage, die beiden Ränder nähern sich an der Basis mehr und mehr einander und schlagen sich zuletzt vollständig nach Innen, die höheren Theile des Pistills krümmen sich dagegen nicht in demselben Mafse, ja die Narbe krümmt sich gar nicht, der Staubweg mündet deshalb nicht, wie bei

anderen Pflanzen auf, sondern unterhalb der Narbe. Die Längsschnitte Fig. 9 u. 11 zeigen bei *a* die Stelle, wo der Staubweg endet, später bildet sich dort ein leitendes Gewebe, aus langen Papillen bestehend (Fig. 14 *a*). Auf Fig. 9 u. 11 ist der Narbenkörper der beiden Pistille noch nicht verwachsen; ein wenig später (auf Fig. 13) ist schon die Verwachsung erfolgt. Querschnitte durch den Fruchtknoten aus dieser Periode in verschiedenen Höhen, die auf Fig. 13 mit *a'*, *b'*, *c'* und *d'* bezeichnet sind, zeigen auf Fig. 12 das über die Entwickelung jeder einzelnen Fruchtknotenanlage vorhin Gesagte; *d'* ist der unterste Theil der beiden jugendlichen Pistille, ⌿ ist eins der Gefäfsbündel des Blüthenbodens, + dagegen, das auf *c'* *b'* u. *a'* wiederkehrt, ist das Gefäfsbündel des Pistilles selbst; auf *d'* der Fig. 12 schlagen sich die beiden Ränder eines jeden Pistills vollständig nach Innen, sie bilden später die Samenträger (Fig. 16); bei *c'* der Fig. 12 ist diese Krümmung noch vorhanden, durch sie entsteht der Staubwegkanal (*x*); auf *b'* der Fig. 12 zeigt sich die Mündung dieses Kanals unterhalb des Narbenkörpers, und auf *a'* der Fig. 12 die letzte Spur desselben (*x*) in den beiden bereits verwachsenen Narbenkörpern.

Um die Zeit, wo beide Narbenkörper mit einander verwachsen, entsteht unterhalb der bereits ziemlich entwickelten Anthere eine kleine Erhöhung, in deren Achsel sich ein Wärzchen erhebt (Fig. 13 *a* u. *b*). Das Gefäfsbündel der Anthere macht jetzt an dieser Stelle eine eigenthümliche Krümmung, die mit der weiteren Entwickelung dieser Anhängsel bedeutend zunimmt. *b* wird zur tutenförmigen Ausbreitung des Filaments, *a* zum Horn, das sich aus ihr erhebt Fig. 1 u. 2 *a* u. *b*).

Wir sind jetzt bis zur völligen Ausbildung der Blüthe gekommen. Kelch und Blumenblätter sind nicht verwachsen, beide schlagen sich zur Zeit der Blüthe nach abwärts (Fig. 2 u. 3); die Filamente der Antheren sind dagegen im unteren Theil mit einander zu einem fleischigen Ring vereinigt; aufser den beiden erwähnten Anhängseln, (*a* u. *b* der Fig. 2) tritt an jeder Seite der Anthere noch eine flügelförmige Ausbreitung des Filaments hervor, je zwei solcher Flügel, verschiedenen Filamenten angehörend, legen sich dicht neben einander (Fig. 1 u. 2 *c*), während eine dünne hautartige Ausbreitung (*z*) von der Spitze der Anthere ausgehend, den Narbenkörper bedeckt (Fig. 1. 2. 9. 11. 13). Die Anthere ist von Anfang an zweifächerig (Fig. 10 und 23); in ihren beiden Fächern entwickeln sich keine vereinzelt liegenden Pollenkörner, wie bei den meisten anderen Pflanzen, sondern

eine zusammenhängende, von einer lederartigen Haut umhüllte Pollenmasse. Die Entwickelung der Zellen dieser Pollenmasse konnte ich, des körnigen Inhalts wegen, nicht genau verfolgen; die Mutterzellen, deren erste Urmutterzelle, im Begriff zwei neue Zellen zu bilden, auf Fig. 20 aus einem Querschnitt durch eine ganz junge Anthere dargestellt ist, liegen später in Reihen (Fig. 9 u. 11). Ein dünner Querschnitt durch die ausgebildete Pollenmasse zeigt auf Fig. 24 die Pollenzellen und die lederartige, sie umhüllende Haut. Ich halte die letztere für ein Secret; mit concentrirter Schwefelsäure färbt sich dieselbe burgunderroth, die hie und da zwischen den Pollenzellen ergossene Substanz färbt sich in gleicher Weise.

Der Narbenkörper ist fünfeckig; an fünf bestimmten Stellen desselben ist die Oberhaut papillenartig entwickelt (Fig. 14). Diese Stellen, die auf dem Querschnitt eine Rinne bilden (Fig. 15), sondern eine Flüssigkeit aus, die allmälig erhärtet, eine bestimmte Form annimmt und zu der sogenannten Drüse, welche zwei Pollenmassen verbindet, wird (Fig. 15 x und 22 x). Die absondernde Fläche des Narbenkörpers erstreckt sich in einem schwächeren Grade bis zu der Stelle, wo sich das Antherenfach öffnet; das Secret dieser Fläche bildet den Strang (y), den die sogenannte Drüse (Fig. 22) nach beiden Seiten aussendet und der die Pollenmassen trägt. Die Lage der absondernden Fläche des Narbenkörpers über c (Fig. 1) bedingt das eigenthümliche Verhältnifs, dafs eine jede der sogenannten Drüsen zwei Pollenmassen und zwar aus zwei verschiedenen Antheren vereinigt.

Dafs man es hier mit keiner wirklichen Drüse, sondern mit einem wahren Secret zu thun habe, zeigt die Entwickelungsgeschichte aufs bestimmteste; auf ganz dünnen Querschnitten durch den Narbenkörper verschiedener Stadien findet man das Secret flüssig; halbflüssig und schon nach Aufsen erhärtet, während die Narbenfläche selbst es noch durch neue Ausscheidungen vermehrt. Die scheinbar zellige Structur der fertigen Masse wird durch den Abdruck der secernirenden Zellen hervorgerufen; ein dünner Schnitt durch diese Masse und eine Behandlung desselben mit Aetzkali zeigt die gleichförmige Beschaffenheit der letzteren. Die sogenannte Drüse der Asclepiadeen ist somit etwas ganz anderes als das Retinaculum der Orchideen, das wirklich aus Zellen mit schleimig klebrigem Inhalt, besteht. Ich überlasse es Andern, die sogenannte Drüse der Asclepiadeen passend zu benennen. Auf Fig. 15 x habe ich dieselbe im zarten Querschnitt und zwar

in ihrer Lage zur secernirenden Fläche des Narbenkörpers abgebildet.

Die Asclepiadeen können, wie längst bekannt, nur durch Insekten oder künstlich befruchtet werden; dicht unter dem Narbenkörper liegt die Stelle, wo Pollenschläuche eindringen können (Fig. 14 *a*), lange Papillen bezeichnen dieselbe; auch das Epithelium des Filaments der Antheren secernirt an dieser Stelle.

Die beiden Fruchtknoten der fertigen Blüthe bleiben, obschon ihre Narben verwachsen sind, bis zur Basis vollkommen getrennt, die Samenträger eines jeden Fruchtknotens breiten sich auf dem Querschnitt nach beiden Seiten aus (Fig. 16), indem sie mehrere Reihen von Samenknospen tragen.

Die Samenknospe hat nur e i n Integument, der nur wenig entwickelte Knospenkern verschwindet früh, der Embryosack resorbirt ihn; zur Zeit der Blüthe ist derselbe nicht mehr vorhanden (F. 17—19).

Das Pistill wächst, wie aus der mitgetheilten Entwickelungsgeschichte deutlich erhellt, an seiner Spitze, die beiden Narben sind zuletzt gebildet, sie entstanden getrennt und vereinigten sich erst später an ihrer Spitze; fortbildungsfähige Zellen müssen demnach an dieser Spitze liegen (Fig. 11 u. 13). Das Staubblatt wächst dagegen an seiner Basis, was hier ganz besonders schön ersichtlich ist, der Anhängsel *z* der Anthere ist nämlich schon da, wenn sich die Antherenfächer bilden (Fig. 9. 11. 13 u. 2); die Anhängsel *a* u. *b* des Filaments (Fig. 13) entstehen dagegen erst viel später; die sich mit der weiteren Entwickelung gedachter Anhängsel vermehrende Krümmung des Gefäfsbündels deutet ebenfalls auf eine Fortentwickelung des letzteren an dieser Stelle.

Die beiden Narben der getrennten Pistille vereinigen sich hier durch eine w i r k l i c h e Verwachsung, während die meisten sogenannten verwachsenen Theile anderer Blüthen nur durch n i c h t e r f o l g t e T r e n n u n g ihrer Theile verbunden sind.

Agropyrum giganteum.

(Taf. V. Fig. 24—43).

Um eine Entwickelungsgeschichte der Grasblüthe zu erhalten, mufs die Untersuchung mit dem ersten Auftreten der Anlage zur künftigen Aehre beginnen. Bei der Wintersaat, Weizen und Roggen, findet man die junge Aehre in einem milden Herbst schon im De-

cember angelegt. Ich benutzte für diese Untersuchung, welche im Sommer 1850 ausgeführt ward, Gräser, welche im botanischen Garten zu Jena im Frühling gesäet waren. Die Untersuchung begann am 22. Mai; sie ward am 29. Juli, um welche Zeit die Pflanzen in voller Blüthe standen, beendigt.

Schält man die ganz jungen Aehren aus den zahlreichen stengelumfassenden Blättern, welche sie umhüllen, heraus, so erhält man einen winzig kleinen, gelblich gefärbten, weichen Kegel, welcher bei 40facher Vergröfserung sich als Fig. 24 der Taf. V. darstellt. Das Körperchen endigt, wie jede Zweiganlage, mit einem Vegetationskegel (*pv.*$^+$), unter demselben sind abwechselnd an der einen und an der anderen Seite kleine halbstengelumfassende Wärzchen (*br.*$^+$) entstanden. Solches Wärzchen, welches sich nicht weiter ausbildet, ist das eigentliche Deckblatt, in dessen Achsel das Aehrchen oder die Spicula auftritt. Schon im dritten Deckblatt der rechten Seite unserer Figur finden wir die Anlage eines Aehrchens (*sp.*), als für sich bestehenden seitenständigen Vegetationskegel, welcher seinerseits schon anfängt, Blätter zu bilden. Je weiter wir jetzt abwärts gehen, um so entwickelter erscheint die Spicula, deren erstes Blatt (*I*) in allen tiefer gelegenen Aehrchen deutlich ausgebildet ist.

Die eben besprochene Figur zeigt, dafs die eigentliche Bractea oder das Deckblatt, in dessen Achsel das Aehrchen (die Spicula) auftreten soll, zwar der Anlage nach vorhanden ist (*br.*$^+$), aber dafs sie nicht weiter ausgebildet wird. Jede Spicula liegt bei Agropyrum mit ihrer breiten Seite der Hauptspindel zugewendet. Löst man 8 Tage später eine Spicula von der Hauptspindel, so erhält man, wenn dies Aehrchen auf der breiten Seite liegt, ein Bild, wie es die Fig. 25 darstellt. Die Blätter des Aehrchens sind halbstengelumfassend, in den Achseln der beiden untersten Blätter (*I* u. *II*) erscheint keine Blüthenknospe, in den Achseln der darauf folgenden Blätter (*III, IV* und *V*) zeigt sich dagegen bereits die Anlage einer solchen (*x* u. *pv.'*). Das Aehrchen selbst endigt mit einem Vegetationskegel (*pv.*), unter dem neue Blattanlagen entstehen. Jedes Aehrchen unserer Pflanze hat demnach zu unterst 2 sterile Blätter, die sogenannten Glumae, die darauf folgenden Blätter tragen alsdann in ihrer Achsel eine Blüthe; die Terminalknospe oder der Vegetationskegel des Aehrchens selbst wird nicht zur Blüthe, sie verkümmert. Fig. 26 zeigt dasselbe Aehrchen von der Seite in seiner Lage zur Hauptspin-

del (*r*); die Zahlen der Blätter entsprechen den Zahlen der vorigen Figur.

Jede Blüthe erscheint jetzt in der Achsel ihres Deckblattes zuerst als kleiner Vegetationskegel (Fig. 25 *pv.'*); unter ihm zeigt sich alsbald der erste Blattkreis (Fig. 25 *x*). Nur wenig später erscheinen der zweite und der dritte Blattkreis (Fig. 27—29). Wenn man um diese Zeit eine Blüthenanlage freilegt, so stellt sie sich mit ihrem Deckblatt (*br.f*) von oben gesehen als Fig. 27 dar; nach Entfernung des Deckblattes zeigt sich dieselbe Blüthe von oben als Fig. 28, dagegen auf der Seite liegend als Fig. 29. Der zuerst entstandene Blattkreis (*x*) ist zu einer dreizüpfeligen, etwas ausgehöhlten Fläche geworden, auf derselben und zwar zwischen je 2 Züpfeln liegen die sehr kleinen runden Wärzchen (*y*), welche dem zweiten Blattkreis angehören, und deren in der Regel nur zwei deutlich sichtbar sind; an der vom Deckblatt abgekehrten Seite fehlt das dritte Wärzchen fast in allen Fällen, nur einmal sah ich eine Andeutung desselben (Fig. 32). Diese Wärzchen habe ich mit *y* bezeichnet, aus ihnen werden die sogenannten Lodiculae oder Squamulae hypogynae der Grasblüthe. Der dritte Blattkreis, welcher die Antheren (*anth.*) bildet, ist um dieselbe Zeit schon weit mehr entwickelt, als die beiden ihm vorangehenden Kreise; jedes Staubblatt (*anth.*) entspricht seiner Lage nach einem Züpfel des ersten Blattkreises. Auch die Anlage zum Fruchtknoten (*g*) ist nunmehr vorhanden, dieselbe erscheint als kleine kreisförmige Wulst, deren Wall sich nach der Seite des Deckblattes etwas mehr erhebt, als nach der entgegengesetzten Seite (Fig. 31 u. 33).

Der unterste Blattkreis erhebt sich darauf einseitig; die Seite des Deckblattes bleibt frei, während nach der Seite der Spindel des Aehrchens eine die inneren Blüthentheile halbumfassende Hülle entsteht, welche aus den beiden Züpfeln *a* u. *b* (Fig. 29. 30. 32. 33 u. 34) und dem zwischen ihnen liegenden Theil des ersten Blattkreises hervorgegangen ist. Diesen beiden Züpfeln oder diesen beiden Blattanlagen entsprechend, besitzt genannte Hülle auch 2 Gefäfsbündel; da wo ein solches liegt, ist die Hülle seitlich geflügelt (Fig. 36 u. 37); wir erkennen in ihr die Palea superior der Autoren, während die Palea inferior der Schriftsteller aus dem Deckblatt jeder Blüthe gebildet wird.

Während sich die drei Antheren zu vierfächerigen Staubblättern ausbilden, bleiben die beiden Wärzchen (*y*) nur klein (Fig. 34 u. 36). Der Fruchtknoten, welcher als ein geschlossener Kreis entstand, er-

hebt sich auch ferner als ein Ganzes, doch treten an seinem schon ursprünglich höheren Rande alsbald 2 kleine Erhebungen auf, welche ihrer Lage nach vor den beiden seitlichen Staubblättern liegen; eine dritte Erhebung nach der Seite des Deckblattes hin fehlt. Aus den beiden soeben besprochenen Erhebungen bilden sich die beiden Narben des Fruchtknotens (Fig. 38). Der Fruchtknoten kann der Entwickelungsgeschichte nach sehr wohl als ein Blattgebilde, aus 3 nicht getrennten Blattanlagen entstanden, betrachtet werden. Wie von dem ersten und dem zweiten Blattkreise nur 2 Elemente zur Ausbildung kommen, so entwickeln sich auch hier wiederum nur 2 Blattanlagen zu wirklichen Narben; die Stelle der dritten Narbe bleibt leer.

In der Fruchtknotenhöhle entsteht, sobald sich die Anlage der Narben kundgiebt (Fig. 35), eine ursprünglich grundständige Samenknospe, welche später seitenständig wird (Fig. 39), 2 Integumente entwickelt, und deren Knospenmund zur Blüthezeit nach abwärts gerichtet erscheint.

Die beiden ersten Blüthen jedes Aehrchens haben bei Agropyrum giganteum in der Regel keine Antheren, die beiden Schüppchen (Lodiculae) sind alsdann weniger fleischig, dagegen etwas gröfser und zwar als kleine häutige spitz endigende Blätter entwickelt.

Auch für Lolium perenne gewährt die Entwickelungsgeschichte nahebei dasselbe Resultat. Hier bleibt das Deckblatt der Hauptspindel, aus dessen Achsel die Spicula hervortritt, ebenfalls unentwickelt. Die beiden ersten untersten Blätter jeder Spicula sind auch hier steril, d. h. ohne Blüthe, doch ist, weil die Spicula hier nicht, wie bei Agropyrum, mit ihrer breiten, sondern mit ihrer schmalen Seite der Hauptspindel anliegt, das erste, der Hauptspindel zugewendete, Blatt nur der Anlage nach als warzenförmige Erhebung vorhanden (Fig. 50 *br. st. I*); deshalb besitzt Lolium scheinbar für jede Spicula nur ein steriles Deckblatt, demnach nur eine und zwar grannenlose Gluma. Das Deckblatt der Blüthe ist hier mit einer langen

Fig. 50.

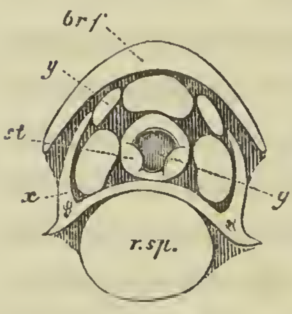


Fig. 50. Längsschnitt durch den unteren Theil einer ganz jungen Spicula von Lolium perenne. *br. st. I* Das erste sterile Deckblatt, *br. st. II* das zweite sterile Deckblatt, *br. f II* das zweite Deckblatt, in dessen Achsel eine Blüthe auftritt, *r* die Spindel der Aehre. (Vergröfserung 40 mal).

Granne versehen, es entspricht der Palea inferior; aus dem ersten Blattkreis (x) entsteht auch hier eine zweinervige Hülle, die Palea superior; die beiden warzenförmigen Erhebungen y des zweiten Blattkreises werden auch hier zu den Lodiculis; die 3 Antheren und der oberständige Fruchtknoten mit 2 Narben verhalten sich gleichfalls wie bei der vorigen Grasart.

Es ist demnach sowohl für Agropyrum als auch für Lolium gerechtfertigt, 4 auf einander folgende, ursprünglich dreigliederige Blattkreise, deren Elemente in den drei ersten Kreisen mit einander wechseln, anzunehmen. Die 3 Elemente des ersten Blattkreises sind zwar der Anlage nach vorhanden, aber nur 2 derselben bilden sich aus, diese beiden erheben sich ungetrennt als Palea superior; der zweite Blattkreis, welcher schon der Anlage nach meistens nicht vollzählig ist, bleibt überhaupt sehr zurück, ihm gehören die beiden Lodiculae; der dritte Blattkreis wird dagegen vollzählig ausgebildet, ihm gehören die 3 Staubblätter, und der vierte Blattkreis endlich, dessen Theile den Theilen des vorhergehenden Kreises vorgestellt sind, bringt, gleich den beiden ersten Blattkreisen, nur 2 seiner Glieder, als 2 Narben, zur vollständigen Ausbildung. Der Fruchtknoten entsteht als ein Ganzes und zwar nach dieser Deutung aus drei nicht getrennten Fruchtblättern. Ein schematischer Grundrifs (Fig. 51) wird die Stellungsverhältnisse in der besprochenen Grasblüthe besser als eine weitläuftige Beschreibung versinnlichen können.

Fig. 51.



Wigand hat ganz neuerlich eine Entwickelungsgeschichte der Grasblüthe veröffentlicht*). In Bezug auf die Deutung der Palea inferior als Deckblatt der Einzelblüthe stimme ich mit ihm überein, aber in Betracht der Palea superior, welche Wigand als Vorblatt der Blüthe ansieht, und der Lodiculae, welche die Nebenblätter dieses Vorblattes darstellen sollen, kann ich ihm nicht Recht geben, denn 1. entspricht die Palea superior, wie die Entwickelungsgeschichte nachweist, nicht einem, sondern zwei

Fig. 51. Schematischer Grundrifs der Grasblüthe. *r.sp.* die Spindel der Spicula, *br.f* das Deckblatt (palea inferior), x die Palea superior, y die Lodiculae, *st.* die Narben, g die Samenknospe.

*) A. Wigand: Botanische Untersuchungen, p. 87—126.

Blattorganen, und 2. stehen die Lodiculae ursprünglich höher an der Blüthenachse, als die Palea superior. Wenn Wigand ferner angiebt, dafs die Lodiculae erst lange nach den Staubblättern angelegt werden, so ist dies nicht ganz richtig; sie sind nur anfangs so klein, dafs sie leicht übersehen werden können. Auch weifs jeder, der sich viel mit Blüthenentwickelung beschäftigt hat, dafs in sehr vielen Fällen der Kreis der Staubblätter dem allerdings vor ihm angelegten Blattkreise bedeutend voraneilt. Dieser Fall tritt nun in der Grasblüthe sehr deutlich hervor; sowohl die Palea superior, als auch die Lodiculae sind in den ersten Stadien der Blüthenentwickelung weit hinter den Staubblättern zurück. Für die Deutung des Pistills bin ich ebenfalls nicht mit Wigand einverstanden, derselbe läfst nämlich den Fruchtknoten aus einem einzigen Blattorgan entstehen, obschon ich zugeben mufs, dafs hier verschiedene Anschauungsweisen zulässig sind. In meinen Beiträgen zur Anatomie und Physiologie der Gewächse habe ich bereits nachgewiesen, dafs eine grofse Anzahl von Fruchtknoten aus einem Ganzen entsteht, und dafs auf dem Rande des sich erhebenden Walles die Narben hervortreten; da bei der Grasblüthe nun 2 Narben entstehen, welche in ihrer Stellung den beiden seitlichen Staubblättern entsprechen, so glaube ich mit einigem Recht den Fruchtknoten der Gräser als aus drei nicht getrennten Blattanlagen hervorgegangen betrachten zu dürfen, Die Samenknospe mufs ich dagegen mit Wigand für das letzte Erzeugnifs des Vegetationskegels der Blüthenaxe erklären.

Dafs nach meiner Deutung der letzte Blattkreis in seinen Theilen nicht mit dem vorhergehenden alternirt, darf nicht befremden, es ist eine sehr gewöhnliche Erscheinung, z. B. bei Monotropa, bei Limodorum u. s. w., wie überhaupt das Alterniren auf einander folgender Blattkreise nichts durchgreifend Gesetzmäfsiges ist; ich darf nur an die Blüthe der Manglesia und an die männliche Blüthe von Alnus erinnern.

VII.

Ueber das Zeichnen naturwissenschaftlicher, insbesondere mikroskopischer Gegenstände.

Für alle Fächer der Naturwissenschaften ist einige Fertigkeit im Zeichnen unentbehrlich. Wer das von ihm Beobachtete nicht selbst als Zeichnung wiederzugeben vermag, sondern sich erst fremder Hülfe bedienen mufs, wird überall im Nachtheil sein, weil für naturwissenschaftliche Zeichnungen immer zweierlei nothwendig ist: *a*) eine Fertigkeit im Zeichnen, *b*) ein Verständnifs des Gegenstandes. Je gröfser beide sind, um so werthvoller wird die Zeichnung sein; wo eins von beiden fehlt, wird auch die Zeichnung häufig mangelhaft, ja wohl gar unbrauchbar ausfallen.

Unter Fertigkeit im Zeichnen verstehe ich nicht allein eine geschickte Handhabung der Bleifeder oder des Pinsels und eine Kenntnifs und richtige Anwendung der Farben, obschon ich auch diese für sehr wichtig halte, nein, vor allen Dingen eine richtige Auffassung der Natur. Die Zeichnung mufs lebendig sein, man mufs aus ihr sogleich ersehen, dafs der Zeichner den Charakter des Gegenstandes erkannte und denselben richtig wiederzugeben verstand. Für eine solche Auffassung ist vor allen Dingen nöthig, dafs man richtig sehen lernt; aber nur in der Natur und durch die Natur kann man sehen lernen.

In den Unterrichtsanstalten Deutschlands und Frankreichs ist in neuerer Zeit eine auf dem Princip der Auffassung gegründete Methode des Zeichnenunterrichts eingeführt; es wäre wünschenswerth, dafs selbige überall angenommen und über alle Schulen, die höheren sowohl als auch die niederen, ausgedehnt würde. Eine Zeichnenmethode, welche des Schülers Anschauungs- und Auffassungsvermögen ausbildet,

wirkt zu gleicher Zeit auch vortheilhaft auf seinen Verstand; er lernt, indem er zeichnet, den Werth der Verhältnisse zu einander schätzen, er lernt die so wichtigen Gesetze der Perspective und des Schattenfalles kennen. Aus der Perspective lernt er wiederum die Entfernungen bestimmen, aus dem Schattenfall aber die Art der Beleuchtung, deren Einflufs auf das Hervortreten der Formen und die Nüancirung der Farben verstehen. Wer dagegen nur gegebene Bilder nachzeichnet, der wird höchstens genau copiren, aber niemals das Wahre von dem Falschen unterscheiden, niemals durch sein Zeichnen die Natur verstehen lernen.

Wenn ich soeben auf die Wichtigkeit eines rationellen Zeichnenunterrichts zur Ausbildung eines jeden jungen Mannes hinwies, so glaube ich zu dieser Behauptung vollkommen berechtigt zu sein. Ich habe vorhin gezeigt, wie ein derartiger Zeichnenunterricht das Auge schärft und die durch selbiges erregten Geistesfähigkeiten entwickelt. In den Handwerkerschulen ist dies längst erkannt, in den Gelehrtenschulen wird dagegen der Zeichnenunterricht mehr als billig vernachlässigt und doch würde sich später so mancher Mediciner, so mancher, der sich den Naturwissenschaften gewidmet hat, freuen, wenn er ein wenig zeichnen könnte, er würde sich dadurch sein eigenes Studium wesentlich erleichtern und manches ihm interessante Vorkommen sich und der Wissenschaft als Zeichnung erhalten können. Um einen Gegenstand in der Natur sich und Anderen verständlich als Zeichnung wiederzugeben, braucht man aber noch kein grofser Künstler zu sein, man mufs, wie schon erwähnt, nur richtig sehen, man mufs nur richtig auffassen können. Es würde endlich keinem Theologen, keinem Juristen schaden, wenn er ein wenig zeichnen könnte, der Mediciner und der Naturforscher kann es ohnehin nicht entbehren. Viele Dinge in der Natur würde man mit mehr Interesse ansehen; bei Manchem würde vielleicht ein jetzt schlummerndes Talent geweckt, es würde vielleicht der Eine oder der Andere der Kunst zugeführt, Vielen aber würde eine angenehme Beschäftigung in Mufsestunden gegeben werden.

Zum Verständnifs des Gegenstandes gehört eine genaue Bekanntschaft desselben in allen seinen Theilen und mit der Bedeutung dieser Theile zum Ganzen. Das Verständnifs eines Gegenstandes ist somit von der richtigen Auffassung desselben durchaus verschieden; die letztere erfafst zunächst das Charakteristische, sie giebt einen

Totaleindruck, bekümmert sich dagegen nicht um Einzelnheiten; für das Verständnifs sind aber auch die letzteren nothwendig. Die Habituszeichnung eines Thieres oder einer Pflanze wird in der Regel von einem wirklichen Künstler ungleich besser als von einem Manne der Wissenschaft dargestellt werden. Der erstere begnügt sich, wie es hier durchaus richtig ist, mit dem Totaleindruck, er vermeidet Alles, was denselben stören könnte, er zeichnet nur das, was er wirklich sieht; der Mann der Wissenschaft bringt dagegen, wenn er nicht gleichzeitig auch Künstler ist, was leider nur sehr selten zusammentrifft, gar leicht zu viel in seine Zeichnung; es ist aber auch hier wie überall Gesetz, nur das zu zeichnen, was man wirklich sieht und so wie man es sieht. Für die Habituszeichnung ist der Habitus, d. h. der äufsere Charakter des Ganzen, für die Zergliederungen des Gegenstandes sind dagegen die Einzelheiten besonders hervorzuheben; dort ist der Totaleindruck des Gegenstandes, hier sind die einzelnen Theile in ihrer Bedeutung zu einander die Hauptsache. Wie nothwendig es deshalb, namentlich für die Zergliederungen eines Thieres oder einer Pflanze ist, dafs der Beobachter selbst zeichnen könne, erhellt schon hieraus zur Genüge.

In den meisten Fällen wird dem Naturforscher eine Zeichnung mit der Bleifeder, oder noch besser mit Tusche oder mit Sepia genügen. Wer zu zeichnen versteht, kann mit wenig Mitteln viel erreichen, dies beweisen die vortrefflichen Vegetationsansichten der Palmen in Blume's Rumphia; in ihnen hat sich ein Künstler, der die Natur verstand, verewigt. In vielen Fällen wird aber auch eine Kenntnifs der Farben wünschenswerth sein; für selbige mufs man allerdings etwas Farbensinn mitbringen. Die Nüancen der Farben mufs man in der Natur studiren, die Mischung derselben für diese Nüancen wird man dagegen am besten von einem tüchtigen Meister oder durch langjährige eigene Uebung erlernen. Zu wissenschaftlichen Zeichnungen sind die Wasserfarben in der Regel ausreichend, ja meistens nur allein anwendbar; Oelfarben kann man nur für sehr grofse Habituszeichnungen benutzen, die Behandlung derselben verlangt eine besondere Kenntnifs; die Aquarellfarben sind jedoch, mit wenigen Ausnahmen, auch für diesen Zweck genügend. Die englischen Wasserfarben von Ackermann und die französischen Honigfarben von Paillard möchte ich besonders empfehlen. Die Honigfarben eignen sich ganz vorzüglich für Habituszeichnungen, sie geben

mehr Körper, die Ackermannschen Farben sind dagegen, wegen ihrer gröſseren Durchsichtigkeit, für mikroskopische Zeichnungen sehr brauchbar. Ich benutzte früher beiderlei Farben, die französischen Honigfarben verwendete ich für Habituszeichnungen, die englischen Wasserfarben benutzte ich dagegen für mikroskopische Bilder. Jetzt bediene ich mich einzig und allein der Honigfarben; man kann mit ihnen ebenso gut körperlich als auch durchsichtig malen, doch man muſs sie erst kennen und gehörig anwenden lernen.

Ueber die Anwendung der Farben läſst sich wenig sagen, *man muſs sie förmlich studiren.* Nur selten wird man reine Farben benutzen können, man muſs sie deshalb mischen lernen, aber dazu ist es nöthig, daſs man die Eigenthümlichkeit jeder Farbe aufs genaueste kenne; dies gilt insbesondere für die Lasurfarben (Carmin, Carminlack, gebrannte Sienna, Gummi Gutt, Saftgrün, Stil de grain, Biester). Will man z. B. das feurige Roth der Granatblüthe darstellen, so legt man mit Gummi-Gutt unter, läſst obige Farbe trocknen und malt mit Carmin über; mischt man dagegen beide Farben mit einander, so erhält man ein ganz anderes, keineswegs brillantes Roth. Für einzelne Nüancen in Violett ist es ebenfalls richtiger, das Blau nicht mit dem Roth zu mischen, sondern beide Farben nach einander anzuwenden. Für die Mischung des Grüns sollte man niemals Berlinerblau benutzen, da selbiges, zumal wenn es nicht dem Lichte ausgesetzt ist, nachdunkelt, d. h. nach einiger Zeit mehr wie anfänglich hervortritt; Indigo und Gummi-Gutt sind dagegen sehr zu empfehlen; für ein glänzendes Grün ist Saftgrün (vert de vessie) und Stil de grain (Brown pink der Ackermannschen Farben) anzuwenden.

Bei Habituszeichnungen ist eine richtige Schattirung wesentlich; ein Untermalen der Schattirungen mit einer unbestimmten Farbe, der sogenannten Neutral-tint, deren man mehrere Nüancen besitzt, ist hier sehr rathsam; man trägt die Schatten in ihrer vollen Stärke auf und setzt dann späterhin die Farbe über. Durch das Untermalen mit der blauschwarzen Neutral-tint erhält der Gegenstand gewissermaſsen einen Luftton. Nur für einzelne Farben wirkt die Neutral-tint nachtheilig; der Schatten eines reinen Gelb wird durch sie etwas schmutzig, hier unterlegt man entweder gar nicht oder nur sehr schwach. Die Ackermannsche Neutral-tint aller Nüancen hat den groſsen Vortheil, daſs sie die nässeste Farbe verträgt, ohne, wenn sie einmal trocken gewesen ist, zu verwachsen; die Neutral-tint der Honigfarben kann

man, weil sie diese Eigenschaft nicht besitzt, zum Untermalen nicht benutzen; ebensowenig kann man chinesische Tusche, wohl aber Sepia für diesen Zweck anwenden. Die chinesischen Tusche benutzt man dagegen mit grofsem Vortheil für feine und bestimmte Conturen, für welche weder Neutral-tint noch Sepia geeignet sind, nur hüte man sich vor kräftigen Strichen, weil dieselben bei späterer Anwendung einer nassen Farbe erweichen und die letztere schmutzig machen; die kräftigen Striche müssen deshalb zuletzt ausgeführt werden. Ebenso benutzt man für ganz dunkele Schattirungen zu allerletzt noch in der Regel die Lasurfarben; auch etwas Gummiwasser oder ein geringer Zusatz arabischen Gummis zur Farbe kann hie und da für diesen Zweck von Wirkung sein. Doch hat der Glanz der mit Gummi überzogenen Partien für mich etwas Unangenehmes, auch kann man durch einen sehr tiefen Schatten, zu dessen Erreichung Säpia oder Indigo, in anderen Fällen Tusche sehr geeignet sind, dasselbe und zwar mit mehr Naturwahrheit erreichen.

Schöne Zeichnungen verlangen auch ein schönes Papier, das nach der Art der Zeichnung ein anderes sein mufs. Für mikroskopische, mit dem Pinsel auszuführende Zeichnungen ist ein glattes englisches Velinzeichnenpapier zu empfehlen; für eigentliche Farbenzeichnungen eignet sich ein minder glattes, für ganz grofse Habitus- oder Vegetationsbilder ist sogar ein körniges Papier, wie es der Landschafter anwendet, vorzüglich. So unwichtig diese Sache Manchem erscheinen mag, so wesentlich ist sie zur Erreichung wirklich schöner Zeichnungen; es ist ein durchaus verkehrter Glaube, dafs man auf jeglichem Papier gut zeichnen oder malen könne.

Für brauchbare Bleifedern empfehle ich die Fabriken von Faber sowie von Rehbach. Wer mit der Bleifeder schattirt, mufs mehrere Sorten besitzen, wer sie nur zur Anlage benutzt, bedarf der harten Sorten nicht. Als Pinsel sind die besten und theuersten wiener oder pariser Pinsel anzurathen; für ganz feine Umrisse sind die Pinsel aus schwarzem Marderhaar, welche in eine sehr feine Spitze auslaufen müssen, besonders geeignet. Man mufs der Pinsel mindestens sechs bis acht von verschiedener Dicke und Stumpfheit besitzen; für das Verwaschen breiter Schattirungen sind ganz stumpfe abgemalte Pinsel am vorzüglichsten.

In der Regel benutzt man die Zeichnenfeder zu feinen Umrissen; ich gebe dem Pinsel entschieden den Vorzug. Die Anwen-

dung des letzteren erfordert freilich mehr Uebung, wer ihn aber einmal zu brauchen versteht, wird mit ihm ungleich mehr als mit der Feder erreichen und ungleich schneller vorwärts kommen. Eine mikroskopische Zeichnung mit dem Pinsel ausgeführt, ist überdies viel weicher, es läfst sich durch den Pinsel die relative Stärke und Kraft einer jeden Linie weit besser und getreuer wiedergeben.

Ich halte eine genaue wissenschaftliche Zeichnung für etwas sehr werthvolles und wichtiges, ich mache an dieselbe grofse Ansprüche und wünsche, dafs sie auch von anderen gemacht werden; ich wünsche vor Allem, dafs man nie vergessen möge, was eine naturwissenschaftliche Zeichnung sein soll: ein getreues Bild der Natur, aber keine subjective Vorstellung. Aus diesem Grunde verwerfe ich, wie schon erwähnt, alle schematischen Bilder; ich verlange dagegen auch nicht von Jedem und nicht für alle Fälle künstlerisch-schön ausgeführte Bilder, wohl aber getreue und verstandene Zeichnungen.

Für mikroskopische Abbildungen sind in der Regel Umrifszeichnungen vollkommen genügend; bei der Entwickelungsgeschichte der Blüthentheile erscheint mir eine weitere Ausführung sogar mehr als überflüssig; bei anderen mikroskopischen Gegenständen sind dagegen vielfach nur die Umrisse der Zellen und deren Inhalt wichtig. Wer niemals zeichnete, wird, wenn es ihm wirklich Ernst ist, durch einige Uebung leicht so viel erlernen, dafs er brauchbare mikroskopische Bilder, die ja meistens nur Flächenansichten darstellen, liefern kann; die Camera lucida wird ihn hierbei kräftig unterstützen.

Die Habituszeichnung wird dagegen ungleich schwieriger; für selbige ist auch eine künstlerische Auffassung nothwendig. Man hat hier, aufser den Gröfsen- und Formenverhältnissen auch auf die rechte Stellung des Gegenstandes, auf die eintretenden, durch die Perspective bedingten Verkürzungen und auf den Fall des Schattens zu achten; man hat deshalb, wenn man einen körperlichen Gegenstand zeichnen will, denselben in das richtige, d. h. zur Erkennung seiner Formen und äufseren Eigenschaften günstigste Verhältnifs in Bezug auf Licht und Stellung zu bringen; man mufs endlich den Gegenstand von einem und demselben Standpunkt aus und bei einer und derselben Beleuchtung auffassen. Was sich auf diese Weise durch eine Zeichnung nicht erreichen läfst, mufs man durch zwei oder mehrere Zeichnungen desselben Gegenstandes bei verschiedener Stellung und Beleuchtung zu gewinnen suchen.

Unterm Mikroskop betrachtet man in der Regel nur zarte Schnitte, seltener körperliche Gegenstände, und letztere dann meistens bei schwacher Vergröfserung und bei auffallendem Lichte. Für solche Fälle gilt schon hier dasselbe, was ich soeben für die Habituszeichnung erwähnt habe; auch hier mufs man die beste Stellung des Gegenstandes zum Licht auswählen, und gleichzeitig auf die Schattirung und die Perspective achten.

Man darf auch hier nicht willkürlich die Annahme der Beleuchtung ändern. In der Regel nimmt man für körperliche Gegenstände das Licht als von der linken Seite kommend an, die rechte Seite liegt deshalb im Schatten. Wenn nun eine Tafel mehrere Figuren enthält, so mufs der Schatten auf allen Figuren an der rechten Seite liegen, weil man nur auf diese Weise im Stande ist, nach der Zeichnung einen gewölbten Körper von einem hohlen Gegenstande zu unterscheiden. Der Künstler wird gegen eine solche Regel niemals verstofsen, dem Mann der Wissenschaft kann es dagegen wohl vorkommen, dafs er eine derartige scheinbare Kleinigkeit unbeachtet läfst. Bei stärkeren Vergröfserungen und bei durchfallendem Licht betrachtet man in der Regel nur Flächen; hier wird nur an den Grenzen des Gegenstandes oder an den Grenzen der Zellen ein Schatten bemerkbar sein. Je dünner der Schnitt ist und um so gerader das Licht durch ihn fällt (zumal vom Planspiegel), um so schwächer wird dieser Schatten auftreten; bei schief durchfallendem Licht werden die Schatten mehr bemerkbar und gerade darauf beruht die grofse Bedeutung dieser Art der Beleuchtung. Wo man im Mikroskop einen solchen Schatten sieht, mufs man ihn auch im Bilde wiedergeben; man mufs sich überhaupt sowohl bei der mikroskopischen als auch bei jeder naturwissenschaftlichen Zeichnung zum Gesetz machen, alles das zu zeichnen, was man sieht und wie man es sieht, nachdem man es als zum Gegenstand gehörig erkannt hat. Noch wichtiger als dieser Schlagschatten, der uns die Tiefe der Zellen erkennen läfst und namentlich bei allen Holzzellen deutlich auftritt, ist der Grad der Schärfe, der Breite und der Schwärze der einzelnen Linien in der Zeichnung des Bildes selbst. Indem man genau zeichnet, macht man hier oftmals die wichtigsten Beobachtungen, die man sonst vielleicht übersehen hätte, man wird viel genauer mit den einzelnen Details bekannt, man verlangt viel gelungenere Präparate, man ist überhaupt nicht so leicht befriedigt, als man es vielleicht sonst sein würde; mit den An-

sprüchen steigert sich aber auch die Vollendung und der Werth, sowohl der Zeichnung als auch der ganzen Beobachtung.

Wenn man mit der Camera lucida zeichnet, so kommt es, namentlich bei starken Vergröfserungen, häufig vor, dafs sich bei Aenderung der Einstellung das Bild etwas verschiebt, man hat alsdann das Papier, ehe man weiter zeichnet, gleichfalls zu verschieben, so dafs Bild und Zeichnung wieder übereinander fallen; dasselbe gilt für den Fall, wo man den Gegenstand, um andere Theile desselben unters Gesichtsfeld zu bringen, weiter rückt. Durch eine geringe Uebung wird man mit solchen kleinen Handgriffen leicht vertraut. Man mufs sich aufserdem gewöhnen, während der Beobachtung beide Augen offen zu halten. Wer viel mit dem Mikroskop beobachtet, sollte niemals mit den Augen wechseln; das Auge, mit dem man immer observirt, gewöhnt sich nämlich immer mehr ans Mikroskop, man sieht mit ihm viel schärfer, es wird dagegen, wenn es sonst gesund ist, allmälig etwas kurzsichtiger. Das Auge, welches man nicht gebraucht, ist für die Zeit, ohne geschlossen zu sein, unthätig.

Bisweilen ist es wünschenswerth, auf einer und derselben Zeichnung die obere und die untere Seite eines Schnittes zu besitzen; man zeichnet dann zuerst die eine dieser Seiten, legt die Umrisse und wichtigen Details derselben mit Tusche an, löscht darauf die früheren Bleifederstriche aus und zeichnet nun die andere Seite darüber; die untere Seite mufs in diesem Falle so gehalten werden, als ob man in die Tiefe der Zellen sähe. Derartige Zeichnungen, die selten vorkommen, erfordern, um natürlich dargestellt zu werden, einige Uebung.

Für die Blüthenanalyse, wie für so manche andere Fälle, ist oftmals neben den Zergliederungen auch eine Habituszeichnung wünschenswerth; bei schöner Ausführung ist dieselbe eine Zierde solcher Tafel. Aber auch hier ist eine Umrifszeichnung, wenn selbige richtig aufgefafst ist, sobald man von der Farbe absieht, vollkommen ausreichend. Wem eine Körperzeichnung grofse Schwierigkeiten macht, der sollte nicht mit ihr seine Zeit verschwenden, die genauen Zergliederungen sind hier jedenfalls das Wichtigere; sie sind zunächst und aufs sorgfältigste zu beachten, für sie kann man nicht zu viel, aber leicht zu wenig thun, Untersuchung und Zeichnung müssen hier gleich genau sein. Die schönste Habituszeichnung hat bei einem Mangel guter Blüthenanalysen nur geringen wissenschaftlichen Werth.

Bei der Entwickelungsgeschichte der Blüthe oder anderer Pflanzentheile ist es oft vortheilhaft, die Bilder der einzelnen Entwickelungszustände nicht sogleich auszuführen, sondern dieselben nur mit der Bleifeder anzulegen und die Präparate für einige Stunden zu bewahren; man erhält nämlich bei der fortgesetzten Untersuchung häufig bessere Präparate und löscht dann die Umrisse der früheren, nicht so gelungenen, aus, um sie durch bessere zu ersetzen. Man spart auf diese Weise Zeit und Papier. Bei der Entwickelungsgeschichte der Zelle ist dagegen immer das Bild des ersten Augenblickes aufzufassen und aufs genaueste wiederzugeben, dort treten zu rasche und zu wesentliche Veränderungen ein, als dafs man irgend mit der genauen Ausführung der Zeichnung säumen dürfte. Für die Entstehung des Embryon der Phanerogamen ist eine möglichst genaue Zeichnung des ganz frischen Präparats von beiden Seiten und ebenfalls eine Zeichnung desselben Präparats, wenn es unter Chlorcalciumlösung aufbewahrt ist, wichtig. Aus einer solchen vergleichenden Zeichnung erkennt man den Werth dieser Präparate für die Lehre von der Pflanzenbefruchtung, man sieht wie gerade diese Präparate (bei Lathraea, Pedicularis, Viscum, Canna, Pinus, Taxus u. s. w.) sich in der Hauptsache nicht wesentlich verändern, wie sie demnach ihre volle Beweiskraft behalten.

Aus einer gröfseren Anzahl von Zeichnungen, die man für sich anfertigte, wird man dann später die geeignetsten Figuren zur Veröffentlichung wählen müssen, man wird hierbei, wenn es auf eine allgemeine Verbreitung ankommt, allen überflüssigen Aufwand zu vermeiden haben; die Genauigkeit der Zeichnung darf aber niemals unter dieser Beschränkung leiden. Für mikroskopische Gegenstände ist mir eine auf Stein radirte Zeichnung oder eine Weise der Darstellung wie sie C. F. Schmidt in Berlin anwendet, sehr angenehm. Wer selbst ordentlich zeichnen kann, dem wird auch die Führung der Radirnadel wenig Schwierigkeiten machen, der wird nöthigenfalls seine Zeichnungen selbst auf den Stein übertragen und um so mehr für ihre Richtigkeit einstehen können. Dasselbe gilt für den Holzschnitt, wenn der Beobachter, wie ich es in der letzten Zeit angefangen habe, die Zeichnung selbst auf den Holzstock anfertigt, sodafs der Xylograph die Originalzeichnung direkt in das Holz überträgt. Ein derartiger Holzschnitt ist gleich einer Radirung als Original zu betrachten.

Jede mikroskopische Zeichnung mufs neben oder über sich die

Vergröfserung bei der sie gezeichnet ward, am zweckmäfsigsten als Bruchzahl ($\frac{1}{1}$ = natürliche Gröfse, $\frac{100}{1}$ = 100 mal im Durchmesser), führen. Wenn man das mikroskopische Bild mit der Camera lucida und zwar in einer gemessenen Entfernung von der letzteren, aufs Papier entwirft, so kann man nicht allein die Vergröfserung ziemlich genau bestimmen, sondern auch das Gröfsenverhältnifs der Theile, die bei derselben Vergröfserung gezeichnet wurden, zu einander schätzen, ja sogar mit dem Zirkel ziemlich genau ermitteln. In manchen Fällen wird es sogar werthvoll sein, dafs jede Figur, welche einen Entwickelungszustand darstellt, noch aufserdem mit ihrem Datum versehen ist, für die Entwickelungsgeschichte der Knospe unserer Bäume ist dies z. B. unerläfslich; man kann jedoch, um die Tafel selbst nicht durch Buchstaben und Zahlen zu überladen, die Angabe des Datums auch für die Erklärung der Figuren aufsparen.

Um die Vergröfserung einer jeden Combination seines Mikroskopes genau zu bestimmen, bedient man sich am zweckmäfsigsten eines Glasmikrometers, der unter das Objectiv gelegt wird; man entwirft mit der Camera lucida ein Bild desselben auf einen statt des Papiers untergelegten Mafsstab, oder man zeichnet noch besser die Theilstriche des Mikrometers auf Papier und überträgt sie mit einem Zirkel auf den Mafsstab. Ich habe alle meine Vergröfserungen bei 250 Millim. Abstand, bei welcher Entfernung ich zeichne, gemessen. Wenn hier z. B. $\frac{1}{8}$ Millimetre des Glasmikrometers (ich besitze Glasmikrometer, wo der Millimetre in 100, in 200 und in 400 Theile getheilt ist) 25 Millimetres des Mafsstabes deckt, so ist die Vergröfserung 8 mal 25, folglich 200. Durch eine ähnliche sehr leichte Rechnung bestimmt man alle seine Vergröfserungen. Ich habe mir für selbige eine Tabelle angefertigt.

Wer mit Honigfarben malen will, für den sind nach meiner Erfahrung folgende Farben nothwendig: Carmin oder Carminlack, Berlinerblau (aus beiden wird das Violett gemischt), Indigo, Gummigutt (beide geben gemischt ein stumpfes Grün), Vert de vessie, Stil de grain (das eine oder das andere mit Gummigutt oder mit Indigo, auch für sich als glänzendes Grün), gebrannte Sienna (kann mit Gummigutt, Carmin und Sepia als Braun gemischt werden), Sepia (giebt mit anderen Farben gemischt eine tiefe Schattenfarbe, ebenso Indigo), Ultra-

marin, Vermillon und Blanc d'argent (werden selten gebraucht). Aufser diesen Honigfarben sind noch chinesische Tusche und Neutraltint nothwendig. Für die festen Honigfarben gebraucht man keine Palette, man malt direct von der Farbe ab und probirt den Ton derselben, namentlich bei einer Mischung, jederzeit auf einem Stück Papier. Bei den Honigfarben geniefst man den Vortheil, dafs man die Farbe durch einen nassen Pinsel wieder entfernen kann; diese Eigenthümlichkeit der Farben macht aber andererseits eine vorsichtige Behandlung bei der Schattirung nothwendig, weil man beim Uebertragen eines neuen Farbentons Gefahr läuft, die unten liegenden Farben wieder weg zu waschen; man mufs deshalb für solchen Fall die letzten Farben trockener halten. In neuester Zeit sind auch nasse Honigfarben, in kleinen Blechkapseln bewahrt, zur Anwendung gekommen; diese englischen Honigfarben sind sehr schön, aber auch sehr theuer. — Für die mit Gummi zubereiteten Wasserfarben, welche abgerieben werden, ist eine Porzellanpalette nothwendig; die Mischung der Farben geschieht auf der Palette, ihr Gebrauch erfordert weniger Vorsicht. Es werden dieselben, oben angegebenen, Farben angewendet.

VIII.

Ueber die Aufbewahrung mikroskopischer Präparate.

Die Anfertigung haltbarer mikroskopischer Präparate ist jedenfalls ein wesentliches Mittel zur Förderung der Wissenschaft. Durch solche Präparate können schwierige Fragen oftmals aufs sicherste entschieden werden, indem es durch sie möglich wird ein wichtiges, vielleicht nur selten gelingendes Präparat als Document der späteren Vergleichung zu erhalten. Erst in neuester Zeit ist es gelungen, brauchbare Verfahren zur Aufbewahrung solcher Präparate zu entdecken, erst in neuester Zeit haben deshalb derartige Präparate wissenschaftlichen Werth gewonnen. Die erste Klasse des Königl. Instituts der Niederlande verlangte zuerst in ihrer im Jahre 1847 ausgeschriebenen Preisfrage, über die Entstehung des Pflanzenembryon, neben dem Manuscript und den Zeichnungen mikroskopische Präparate, welche Beobachtung und Zeichnung controlliren und unterstützen sollten. In dem Programm der ersten Klasse des Königl. Instituts, das mir den Preis zuerkannte, sowie in dem Vorwort meiner Preisschrift ward meinen Präparaten einiges Lob gespendet. Ich glaube durch selbige, die in Amsterdam geblieben sind, noch mehr aber durch neuere Präparate von Lathraea und Pedicularis, Viscum, Canna, Pinus und Taxus, die sich in meinem eignen Besitz befinden, und welche ich im vergangenen Sommer durch neue, noch vollständigere Suiten vermehrt habe, die Entstehung der ersten Zellen des Embryon im Innern des Pollenschlauchs hinreichend beweisen zu können.

Die Aufbewahrung mikroskopischer Präparate kann aber nur dann werthvoll sein, wenn das Präparat selbst ein gelungenes ist; man mufs deshalb erst Präparate darstellen und den Werth derselben beurtheilen können, ehe man an die Aufbewahrung derselben denken kann.

Ebenso überflüssig als eine Sammlung schlechter Präparate halte ich eine Sammlung aufbewahrter Dinge, die man täglich ohne grofse Mühe in gleicher Vollkommenheit darstellen kann. Eine Sammlung gelungener und nach bestimmten Grundsätzen angefertigter Präparate ist dagegen etwas sehr Werthvolles und Wichtiges; ich will deshalb, ehe ich zur Aufbewahrungsmethode selbst übergehe, die Regeln nach welchen eine solche Sammlung einzurichten ist, näher erörtern.

Das mikroskopische Präparat ist die Grundlage der mikroskopischen Beobachtung, nach dem Präparat entwirft man die Zeichnung, aus einer Vergleichung mehrerer Präparate zieht man die Schlüsse; eine Sammlung mikroskopischer Präparate mufs deshalb, wenn sie die Beobachtung und Zeichnung controlliren soll, möglichst vollständig sein, d. h. alles für die Untersuchung Wichtige enthalten. Für die Untersuchung der Hölzer ist z. B. der schönste Querschnitt allein nicht genügend, es müssen noch zwei ebenfalls gelungene Längsschnitte (ein Radial- und ein Tangentialschnitt) aufbewahrt werden. Für die Untersuchung der Blätter ist die Oberhaut der oberen und der unteren Seite, ein dünner Querschnitt und ein Längsschnitt durch das Blatt nothwendig. Für die Untersuchung der Entwickelungsgeschichte müssen die verschiedenen einander folgenden Stadien aufbewahrt werden; dasselbe gilt für die Entwickelungsgeschichte des Embryon u. s. w.

Als Aufbewahrungsmittel erwähnte ich schon früher verschiedener Flüssigkeiten: *a*) Chlorcalciumlösung, *b*) Oelsüfs, *c*) Copallack, *d*) Zuckerwasser u. s. w.

Die Chlorcalciumlösung eignet sich für alle Holz- und Blattschnitte, sowie für die meisten, selbst für jüngere Pflanzengewebe vortrefflich; die Präparate über Pflanzenbefruchtung werden durch sie gleichfalls nur wenig verändert, dagegen werden die Farbstoffe in den Zellen mehr oder weniger zerstört; die Stärkemehlkörner quellen auf und werden unkenntlich, sie stören aber selten den Gesammteindruck des Präparats. Die Lösung des salzsauren Kalkes bedarf keines luftdichten Verschlusses; ich bewahre Präparate der verschiedensten Art schon länger als 10 Jahre, ohne dafs sich dieselben nur verändert hätten; die Chlorcalciumlösung ist deshalb überall da zu empfehlen, wo eine etwaige Veränderung des Farbstoffes und des Stärkemehls keinen Nachtheil bringt, man benutzt die Chlorcalciumlösung in dem Pag. 28 angegebenen Mischungsverhältnisse. Die Chlorcalciumlösung ward zuerst von Harting in Utrecht angewendet.

Das Oelsüfs ist für dieselben Gegenstände brauchbar, es bedarf gleichfalls keines luftdichten Verschlusses; Präparate, welche ich seit 4 Jahren in demselben bewahre, haben sich vortrefflich erhalten. Im Oelsüfs bleibt das Stärkemehl unverändert, auch das Chlorophyll hält sich in dieser Flüssigkeit viel besser. Die Schichten der Stärkemehlkörner verschwinden zwar anfänglich, sie treten jedoch nach 24 Stunden um so schöner hervor. Das Oelsüfs ist deshalb überall, wo es auf die Erhaltung eines derartigen Inhalts ankommt, anzurathen. Es erhellt aufserdem den Gegenstand, und macht somit das Präparat durchsichtiger, was oftmals wünschenswerth ist, bei ganz zarten Gegenständen dagegen für die Erkennung zarter Strukturverhältnisse nachtheilig wird. Nach der Beschaffenheit des Gegenstandes wählt man deshalb zwischen der Chlorcalciumlösung und dem Oelsüfs. Bei zarten Gegenständen verdünnt man dasselbe vorher mit Wasser, weil es unverdünnt der jungen Zellmembran zu heftig Wasser entzieht und ein Zusammenfallen derselben veranlafst; auch für die Chlorcalciumlösung ist eine solche Vorsicht manchmal anzurathen. Präparate über Pflanzenbefruchtung sollte man niemals in Oelsüfs bewahren, dagegen eignet sich diese Flüssigkeit für thierische Gegenstände vortrefflich.

Der Copallack und ebenso der Canadabalsam sind für weniger durchsichtige Gegenstände, namentlich für fossile Hölzer empfehlenswerth; feine Holzschnitte werden im Copallack zu durchsichtig, doch ist es, wenn man viele gelungene Schnitte besitzt, oftmals recht gut auch einige derselben, zur Vergleichung mit den Chlorcalcium- und Oelsüfspräparaten, unter Copallack zu bewahren.

Wenn man Zuckerwasser oder eine andere dem Verderben oder der Verdunstung unterworfene Flüssigkeit als Medium für das aufzubewahrende Präparat anwendet, so wird ein luftdichter Verschlufs durchaus nothwendig.

Das Verfahren der Aufbewahrung der Präparate in einer Flüssigkeit zwischen zwei Glasplatten hat bereits Schleiden*) in seinen Grundzügen ausführlich besprochen, ich kann mich deshalb kürzer fassen und brauche nur die Hauptsachen hervorzuheben.

Die Glastäfelchen werden von dünnem, höchstens 1 Millimetre dickem, reinem Spiegelglase, das nicht durchaus weifs zu sein braucht, aber frei von Blasen und anhängendem Schleifmaterial, das sich

---

*) Grundzüge. Aufl. III. Band. I. pag. 125.

als dunkele, meistens rothe Punkte auf der Oberfläche des Glases kundgiebt, sein mufs, in einer bequemen Gröfse angefertigt. Je dünner das Glas, um so angenehmer ist es, weil man alsdann auch stärkere Objectivvergröfserungen anwenden kann (Oberhäusers System 8 ist bei einer Dicke von 1 Millim. nicht mehr zu benutzen). Die Länge der Platte richtet sich nach der Zahl der Präparate, die man auf einer Platte zu bewahren wünscht, und die man durch schmale Papierstreifen von einander trennt. Ich bewahre nie mehr als höchstens vier Präparate auf einer Platte; bei Holzpräparaten nehme ich jetzt, aufser den drei erwähnten Schnitten noch macerirte Holz- und Gefäfszellen auf dieselbe Platte und bestimme für letztere den vierten Raum. Die Länge einer solchen Platte für vier Präparate darf nicht unter 8 Centimetres, die von der Länge unabhängige Breite dagegen niemals unter 2 Centimetres betragen, besser ist es die Platte etwas breiter zu wählen. Auf Taf. II. Fig. 11 habe ich eine solche Glastafel mit vier Präparaten abgebildet.

Nachdem die beiden Glastafeln aufs sorgfältigste gereinigt sind, werden auf die eine Tafel die Papierstreifen (x) mit etwas Gummischleim vorsichtig aufgeklebt; für beide Enden wählt man die Streifen zweckmäfsig breiter, als zwischen den Präparaten. Diese Papierstreifen dienen nicht allein zur nachherigen Befestigung beider Platten mit einander, sondern namentlich zur Vermeidung des Druckes der Platten auf die Präparate. Das für die Streifen gewählte Papier darf aus diesem Grunde nicht dünner wie die Präparate sein, weil es sonst seinen Zweck nicht erfüllen würde, es darf aber auch wieder nicht viel dicker sein, weil die Präparate dann nicht festliegen und durch Verschiebung leiden werden. Man mufs deshalb Papiere von verschiedener Dicke zur Hand haben und die Stärke seiner Präparate gehörig schätzen lernen. In den meisten Fällen, z. B. für Holzschnitte, wird man nur sehr dünnes Postpapier anwenden können, seltener, z. B. für Präparate aus der Entwickelungsgeschichte, wird man sogar bisweilen starkes Zeichnenpapier benutzen müssen. Präparate von sehr ungleicher Dicke kann man nicht wohl auf derselben Glastafel bewahren.

Wenn die Papierstreifen angetrocknet und die Tafel nochmals sauber gereinigt ist, bringt man in die Mitte eines jeden fürs Präparat bestimmten Raumes, vermittelst eines dünnen Glasstabes, einen Tropfen der Chlorcalciumlösung oder des Oelsüfses. Sehr zweckmäfsig ist es die Tafel vorher anzuhauchen, der Tropfen haftet dann besser

am Glase, er breitet sich auseinander und man hat weniger Schwierigkeit bei der Uebertragung der Präparate. Die Präparate selbst müssen vorher aufs sorgfältigste hergerichtet sein. Präparate frischer Sachen behandelt man nur selten vorher mit Alkohol, Holzschnitte dagegen müssen immer erst vorher in Alkohol gelegt werden (zur Entfernung des Harzes und der Luft), man darf sie aber nicht sogleich vom Alkohol in die Chlorcalciumlösung bringen, man mufs sie vielmehr zunächst in ein Uhrschälchen mit Wasser übertragen, damit der Alkohol aus ihnen entfernt wird. Nunmehr hebt man jedes einzelne Präparat mit einem äufserst feinen Haarpinsel heraus und bringt es in den für dasselbe bestimmten Tropfen der Chlorcalciumlösung. Hier wird es oftmals zweckmäfsig sein, das Uhrschälchen auf einen dunkelen Gegenstand (geschwärztes Holz oder Papier) zu setzen, man findet dann sehr kleine Präparate um so leichter. Sind die Präparate sämmtlich auf der Platte, so schiebt man letztere unter das einfache Mikroskop und bringt sie durch sorgfältiges Auseinanderbreiten mit der Nadel in die richtige Lage; zu gleicher Zeit entfernt man die zufälligen aber unvermeidlichen Staubtheilchen, als Fäden oder Haare u. s. w., die während des Herrichtens der Platte sich eingefunden haben.

Durch das Uebertragen der Präparate mit dem Pinsel aus dem Wasser in die Chlorcalciumlösung, ist eine Verdünnung der letzteren unvermeidlich, es ist daher sehr zweckmäfsig und ich unterlasse es niemals, jetzt vermittelst eines stärkeren, durchaus reinen Pinsels den gröfsten Theil der Flüssigkeit, in der das Präparat liegt, zu entfernen; bei einiger Uebung gelingt dies ohne eine Berührung oder Verschiebung des Präparates. Die hinweggenommene Flüssigkeit wird darauf durch einen neuen Tropfen Chlorcalciumlösung ersetzt, die Gröfse dieses Tropfens richtet sich nach der Dicke des zu den Streifen verwendeten Papiers; ist der Tropfen zu grofs geworden, so entfernt man einen Theil der Flüssigkeit wie vorhin mit einem Pinsel. Ehe man jetzt die Deckplatte aufklebt, ist es rathsam seine Präparate nochmals unter dem einfachen Mikroskop, oder unter dem Compositum bei schwacher Vergröfserung zu betrachten, um nöthigenfalls das Eine oder Andere noch verbessern zu können. Man bestreicht dann die Papierstreifen der unteren Glasplatte vorsichtig mit etwas Gummischleim und legt eben so vorsichtig die obere Platte auf und drückt sie mit den Daumen beider Hände fest auf einander; dieser Druck darf nicht über die Streifen hinausgehen, weil er sonst leicht das

eine oder das andere Präparat beschädigen könnte. Späterhin umklebt man die Tafel an beiden Enden mit weifsem Papier, auf dem man seine Bemerkungen über das Präparat notirt; ich pflege darauf auch die Jahreszahl zu verzeichnen.

Die Hauptschwierigkeit bei Herstellung solcher Präparate beruht auf der richtigen Menge der Aufbewahrungsflüssigkeit; ist deren zu wenig vorhanden, so pflegt das Präparat an der einen Seite trocken zu liegen, ist deren zu viel, so zieht sich die Flüssigkeit ins Papier der Zwischenstreifen (Taf. II, Fig. 11 *d*) und das Präparat kommt ebenfalls aufs Trockne; es verdirbt dadurch keinesweges, da es immer noch mit Chlorcalcium durchdrungen ist, es verliert aber für die Betrachtung und man ist häufig genöthigt die Glasplatten durch Aufweichen in Wasser von einander zu lösen und die Präparate von neuem aufzulegen. Liegt das Präparat jedoch, wie es sein mufs und wie ich es auf Fig. 11 der Taf. II *a* u. *b* abgebildet habe, in der Mitte eines durchaus isolirten Tropfens, so braucht man für seine Erhaltung keine weitere Sorge zu tragen.

Für die Anwendung des Oelsüfses gilt ganz dasselbe Verfahren; es bedarf auch hier keines luftdichten Verschlusses, wie ich früher glaubte. Das Oelsüfs zieht sich nicht so leicht als die Chlorcalciumlösung in die Papierstreifen, es ist deshalb im Allgemeinen bequemer als die Chlorcalciumlösung anzuwenden.

Für die Anwendung des Copallacks ist bei übrigens gleicher Behandlung der Glastafeln ein Erwärmen der unteren Tafel mit den Präparaten, die man hier besser aus Alkohol oder Aether in den Copallack überträgt, zweckmäfsig. Durch ein solches Erwärmen wird alle noch im Präparat vorhandene Feuchtigkeit ausgetrieben und zugleich der Copallack durch Verdampfen des Terpentinöls verdickt; man erwärmt zuletzt auch die Deckplatte und verklebt sie mit der andern.

Die Herstellung eines luftdichten Verschlusses durch geschmolzenen Kaoutschouk, deren Schleiden*) gedenkt, mufs ich leider als für die Praxis unbrauchbar erklären; sämmtliche von mir auf diese Weise mit aller Vorsicht dargestellten Präparate sind später verloren gegangen. Der geschmolzene Kaoutschouk scheint für die geringsten Temperaturveränderungen sehr empfindlich zu sein, er zieht sich unter beiden Platten hin und her, wodurch nicht allein der anfänglich luftdichte

*) Grundzüge Aufl. III. Bd. I. pag. 127.

Verschlufs aufgehoben, sondern auch das Präparat selbst hin- und hergeschoben oder gar in die Kaoutschoukmasse gebettet wird. Der Nachtheil dieser Methode zeigt sich nicht immer in den ersten Wochen oder Monaten, er bleibt übrigens nur in ganz seltenen Fällen aus. Durch die Aufbewahrung in Oelsüfs erreicht man aufserdem in Bezug auf die Klarheit der Präparate dasselbe als durch Zuckerwasser.

Will man dagegen, zur Aufbewahrung ganz zarter Gegenstände, z. B. junger Zellen u. s. w., welche durch Oelsüfs verschrumpfen, eine möglichst indifferente Flüssigkeit anwenden, so ist ein luftdichter Verschlufs nothwendig. Denselben erreicht man am besten auf folgende in England gebräuchliche Weise. Man wählt eine Objectplatte von der oben besprochenen Form und Gröfse und macht auf derselben drei oder vier Abtheilungen, deren jede für ein Präparat bestimmt ist (Taf. II, Fig. 12). Diese Abtheilungen werden nicht durch Papierstreifen, sondern durch einen rasch trocknenden Oel- oder Spirituslack gebildet, den man mit einem Pinsel so aufträgt, dafs jede Abtheilung ein geschlossenes Viereck bildet. Man läfst den Lack vollkommen trocken werden, und trägt, falls die Präparate zu dick sein sollten, über die durch den nunmehr trockenen Lack gebildete viereckige Umgrenzung des zur Aufnahme des Präparates bestimmten Raumes, noch einmal eine zweite Lage desselben Firnisses auf und läfst auch diese wieder trocken werden. Wie vorhin die Dicke der Papierstreifen, so mufs hier die Stärke des aufgetragenen Lackrandes der Dicke des Präparates entsprechen. Ist der Lack vollkommen trocken, so reinigt man nochmals aufs Sorgfältigste den Raum, der das Präparat aufnehmen soll, giebt alsdann mit einem Glasstabe einen Tropfen der Aufbewahrungsflüssigkeit darauf, und bringt das Präparat in diesen Tropfen, breitet es sorgfältig aus, wie oben angegeben wurde, und bedeckt es, wenn man sich überzeugt hat, dafs die Menge der Flüssigkeit hinreicht, um den Raum zwischen den Lackrand auszufüllen, mit einem zarten quadratischen Deckglase, welches so grofs sein mufs, dafs dessen Rand überall auf dem Lackrahmen ruht. Wenn man zuviel Flüssigkeit verwendet hat, so tritt dieselbe beim Auflegen über den Rand der Deckplatte, man entfernt dieselbe alsdann sorgfältig mit einem weichen Tuche und läfst darauf die Präparatplatte einige Minuten liegen, damit die Feuchtigkeit am Rande des Deckglases vollständig verdunsten kann und bestreicht dann erst den Rand des Deckglases mit demselben rasch trocknenden Lack, wodurch die Deckplatte ge-

wissermafsen mit dem Lackrand unter ihr zusammengekittet wird. Um ganz sicher zu gehen, ist es zweckmäfsig, sobald der Lack vollständig trocken geworden ist, noch eine zweite Lage mit derselben Vorsicht aufzutragen. Die Methode dieser Aufbewahrung hat, da man sehr dünne Deckgläser verwenden kann, den Vorzug, dafs die so bewahrten Gegenstände auch mit starken Vergröfserungen betrachtet werden können, während die nach der andern Methode dargestellten Objecte des starken Deckglases halber, nur für schwächere 200 bis 250malige, und bei Anwendung starker Oculare bei etwa 500maliger Vergröfserung anwendbar sind. Ich benutze deshalb für manche Fälle das letztere Verfahren auch dann, wenn kein luftdichter Verschlufs nöthig ist und wähle sowohl Chlorcaliumlösung als auch Oelsüfs als Aufbewahrungsmittel. Da der Lack zum Trocknen kürzere oder längere Zeit bedarf, so ist es zweckmäfsig sich Objectplatten mit Lackrahmen von verschiedener Dicke vorräthig zu halten.

So schön und zweckmäfsig die letztgenannte Art der Aufbewahrung erscheint, so hat sie doch ihre grofsen Schattenseiten, welche zum Theil auf der Schwierigkeit beruhen, einen geeigneten schnelltrocknenden und später nicht klebenden, Lack zu erhalten. Ehe man es unternimmt dies Verfahren anzuwenden, sollte man sich deshalb mit der Beschaffenheit des Lackes, den man benutzen will, vollkommen bekannt machen, da man sonst, wie ich leider aus eigener Erfahrung weifs, gar leicht manches schöne Präparat einbüfsen wird.

Ich habe in letzter Zeit das oben beschriebene Verfahren wieder aufgegeben und benutze jetzt statt des Lackrandes einen Papierrahmen. Die Oeffnung in diesem Rahmen kann sowohl rund als auch viereckig sein (Taf. II, Fig. 12); denselben klebe ich mit Gummischleim auf die Glastafel und verfahre sonst wie oben angegeben wurde. Wenn Alles in Ordnung ist, wird der Papierrahmen mit etwas Gummischleim bestrichen und die dünne Deckplatte vorsichtig aufgelegt. Hat man eine Flüssigkeit angewendet, welche einen luftdichten Verschlufs verlangt, so bestreicht man nach Verlauf weniger Stunden den Rand der Deckplatte mit schnelltrocknendem Spirituslack. Bei diesem Verfahren hat man jedoch wieder darauf zu achten, dafs der Tropfen der Aufbewahrungsflüssigkeit weder zu grofs noch zu klein ist, er darf den Papierrahmen nirgends berühren. In England macht man jetzt den Rahmen, dessen freie Mitte das Präparat aufnehmen soll, aus dünnem Glase und beseitigt hiermit alle Uebelstände. Wenn man den mit Gummi aufge-

klebten Papierrahmen mit Schellacklösung bestreicht, so möchte man vielleicht dieselben Vortheile, welche der Glasrahmen gewährt, erreichen. Eine Auflösung von Schellack in Alkohol möchte überhaupt, da sie schnell trocknet und sehr fest wird, dem Virnifs vorzuziehen sein.

Für die Aufbewahrung der Präparatplatten ohne luftdichten Verschlufs ist nur darauf zu achten, dafs sie immer auf ihrer Fläche liegen, weil, wenn sie lange auf ihrer Kante liegen, sich namentlich die Chlorcalciumlösung leicht aus der Mitte verzieht; der gegenseitige Druck mehrerer auf einander liegender Plattenpaare schadet hier nur selten, die Papierstreifen schützen das Präparat. Die Präparate nach der anderen Methode dargestellt sind dagegen etwas sorgfältiger zu verwahren. Die dünnen Deckgläser werden nämlich viel leichter beschädigt, jeder Druck wirkt bei ihnen mehr oder weniger nachtheilig; deshalb ist es sehr zweckmäfsig den freien Raum zwischen den Deckgläsern durch aufgeklebte Pappstreifen auszufüllen, wodurch beim Aufeinanderlegen der Platten jeder Druck auf das Object selbst vermieden wird.

Die Präparate beider Arten bewahre ich in flachen Kästen, welche unten und oben mit Sammet ausgefuttert und gepolstert sind, über einander liegend. Man hat vor allem darauf zu sehen, dafs die Präparate immer wagrecht liegen, weil jedes zarte Object, das in einer Flüssigkeit aufbewahrt ist, Gefahr läuft bei einer anderen Stellung der Objectplatte aus seiner Lage verschoben zu werden. Eine zweckmäfsige Anordnung der Präparatplatten, entweder nach den Pflanzen oder nach den Pflanzentheilen, ist aufserdem für jede gröfsere Sammlung zu empfehlen*).

*) Sehr schöne Präparate unter luftdichtem Verschlufs werden vom Dr. Oschatz (Stallschreiberstrafse 33. Berlin) angefertigt und verkauft; auch Bourgogné in Paris liefert dergleichen. Für botanische Zwecke hat ebenfalls ganz neuerlich Dr. Speerschneider in Blankenburg bei Rudolstadt Präparatsammlungen angekündigt. Ferner ist mir von C. Zeifs in Jena die Mittheilung geworden, dafs er eine Schleifferei zur Herstellung von Quer- und Längsschliffen fossiler Hölzer u. s. w. eingerichtet hat und erbötig ist, aus den ihm zu übersendenden Fossilien, nach bestimmter Angabe, mikroskopische Schliffe darzustellen. Bei einem gröfseren Auftrag dieser Art wird für nicht gar zu kleine Stückchen der Quadratcentimeter (circa 9 par. Quadratlinien) fertiges Präparat mit 3—4 Sgr. berechnet. Bei kleineren Aufträgen ist der Preis etwas höher. Für sehr schwierig darzustellende Schliffe läfst sich ohnehin kein Preis vorher bestimmen. Die Schliffe verkieselter Hölzer, von Zeifs dargestellt, welche ich gesehen habe, sind vortrefflich.

Erklärung der Abbildungen.

Mit Ausnahme der Figuren auf den Tafeln I u. II. sind sämmtliche Figuren mit der Camera lucida gezeichnet. Ueber jeder vergröſserten Figur ist die Vergröſserung als Bruchzahl angegeben.

Tafel I.

Oberhäuser's groſses Mikroskop neuester Construction (in nahebei halber Gröſse). *a*) das Ocular, *b*) der obere Theil des Rohrs, der sich in den unteren Theil des Rohres *c* hineinschieben läſst (das verkürzte Rohr gewährt ein kleineres, aber schärferes Bild); *d*) die Hülse in der das ganze Rohr auf- und abgeschoben wird (beim Wechseln der Objective zieht man das Rohr heraus; die grobe Einstellung wird durch ein Auf- und Niederziehen des Rohrs in dieser Hülse gegeben). *e*) das Objectivsystem. *f*) der Objecttisch, derselbe ist mit dem Cylinder *i* und dem Hohlcylinder *h*, welcher an dem Arme *g* die Hülse *d* trägt, durch Schrauben fest verbunden. Der Objecttisch ist um seine Achse drehbar, mit ihm dreht sich folglich auch das Mikroskoprohr, der Gegenstand wird somit durch die Drehung des Tisches nicht aus dem Gesichtsfeld verrückt. Durch die Schraube *k* wird die feine Einstellung gegeben. *l* ist der Knopf eines Kastens, der wie ein Schlitten unter den Tisch eingeschoben wird, und in seiner Mitte den Cylinder *m* trägt, dieser Cylinder sitzt in einer Hülse, er läſst sich auf- und abziehen, der Cylinder selbst hat oben eine kleine runde Oeffnung, in welche die Cylinderblendung *n* hineingeschoben wird. (Will man die Blendung wechseln, so wird der Cylinder *m* abwärts gezogen und der ganze Blendungsapparat an dem Knopf *l* seitwärts unter dem Tisch hervorgezogen). Der Spiegel *o* (an der einen Seite plan, an der anderen concav) ist vermittelst des Knopfes *q* in der Gabel *p* beweglich, diese Gabel ist wiederum drehbar an dem Arme *r* befestigt. Der Arm *r* ist so angebracht, daſs man ihn nach beiden Seiten führen kann (durch diese Einrichtung bringt man den Spiegel aus der Achse des Rohrs und gewinnt schief durchfallendes Licht). Die starke Säule *t*, welche den Objecttisch trägt, hat von + bis zu + + einen breiten Einschnitt, in welchem der Arm *r* des Spiegels vermittelst der zur Feststellung dieses Ar-

mes bestimmten Schraube *s* auf- und abwärts gezogen wird. (Diese Einrichtung ersetzt die verschiebbare Sammellinse über dem Planspiegel des Mikroskops von Amici). *u* ist der schwere hufeisenförmige Fufs des Mikroskops. *v* ist die grofse Sammellinse, *w* der Knopf, durch den sie bewegt wird, *x* die runde Säule, welche in den Cylinder *y* eingeschliffen und sowohl ein Auf- und Abwärtsziehen der Säule, als auch eine seitliche Drehung derselben erlaubt; *z* endlich ist der schwere Fufs des Stativs der Sammellinse.

Tafel II.

Fig. 1. Ein kleines Mikroskop von Bénèche (zu 30 Thlr.) in halber Gröfse. Die Verschiebung des Rohres, das aus zwei in einander verschiebbaren Stücken (*b* u. *c*) besteht, wie bei dem grofsen Instrumente von Oberhäuser in der Hülse *d*. Der hinreichend breite Tisch (*f*) hängt gleich einer Klappe an der Säule *t*; die Schraube *k* bewegt ihn auf- und abwärts, indem sie gegen den Stift *x* drückt; die Feder *y* regulirt diese Bewegung. Eine durchbohrte Platte *n* dient als Blendung im Tische. Der Hohlspiegel *o* ist an dem Hebel *r* befestigt und kann durch ihn aufserhalb der Achse des Rohres bewegt werden. *u* endlich bildet den runden schweren Fufs. Die kleinen Mikroskope von Schiek und von Wappenhaus haben ein durchaus ähnliches Stativ.

Fig. 2. Das einfache zum Präpariren bestimmte Mikroskop von Zeifs ($\frac{1}{3}$ der wahren Gröfse). *a* Die Doppellinse, *b* der Arm, welcher sie trägt und welcher durch die eingeschliffene Stange *c* sowohl auf- und abwärts bewegt, als seitwärts geschoben werden kann (mit diesem Arm giebt man die grobe Einstellung); für die feine Einstellung dient die Schraube *d*; *e* ist der feststehende Objecttisch, *f* die verschiebbare Sammellinse unter demselben, *g* der Spiegel, *h* eine Feder, welche die feine Einstellung gleichförmiger macht. *i*, *i* sind die beiden Backen des schweren Holzklotzes, in dem das Stativ eingeschroben ist; das letztere kann jedoch ebenfalls auf dem Kasten, welcher das Mikroskop sammt den übrigen Linsen aufnimmt, befestigt werden.

Fig. 3. Der Pag. 24 beschriebene Metallring mit dem der Länge nach gespaltenen Kork, als Längsdurchschnitt abgebildet (wahre Gröfse). *a* Der Metallring, *b* der Kork, *c* der zu schneidende Gegenstand. Der Kork wird soweit, wie hier abgebildet ist, über den Ring hervorgeschoben.

Fig. 4. Eine Präparirnadel mit ihrem Heft (halbe Gröfse). *a* die Nadel, *b* ein aus Messing oder Neusilber bestehender Ring, *c* das hölzerne Heft; das letztere hat bei *a'* einen tiefen Einschnitt, in denselben pafst der untere breite und flache Theil der Nadel, den die Figuren 5 u. 6 deutlich zeigen, der Ring *b* hält die Nadel in dem Hefte unbeweglich fest; die beiden anders geformten Nadeln (Fig. 5 u. 6) können in dasselbe Heft geschoben werden.

Fig. 5 u. 6. Zwei aus dem Heft genommene Präparirnadeln; die eine hat eine gekrümmte, die andere eine messerförmig angeschliffene nicht gekrümmte Spitze. *a'* ist der untere flache Theil der Nadel, welcher ins Heft geschoben wird. (Halbe Gröfse).

Fig. 7. Eine ganze Schuppe von der Unterseite des Oberflügels des Weibchen der Hipparchia Janira, bei richtiger Einstellung und gedämpftem Licht; man sieht die Längsstreifen (Oberhäuser's System 4 und Ocular 3).

Fig. 8. Der untere Theil derselben Schuppe mit schief durchfallendem Licht bei genauer Einstellung; der Raum zwischen den Längsstreifen erscheint gewölbt; die Querstreifen erscheinen als ganz zarte aber scharfe Linien (Oberhäuser's System 9 und Ocular 3).

Fig. 9. Ein ganz kleiner Theil der vorigen Schuppe bei *a* mit schief durchfallendem Licht, bei hellem günstigen Himmel und genauer Einstellung. Längsstreifen sowohl als Querstreifen sind mit der Camera lucida gezeichnet; auch der Raum zwischen den Querstreifen scheint sich nach beiden Seiten abzurunden. Die Querstreifen sind auch hier noch durchaus scharf gezeichnet, sie erscheinen nirgends körnig. (Oberhäuser's System 9 und Ocular 5). Ein ähnliches Bild geben die Systeme 9 u. 11 von Bénèche.

Tafel III.

Pflanzenbefruchtung.

Häufig wiederkehrende Bezeichnungen:

ch. Chalaza.
edp. Endosperm.
em. Embryon.
ie. Integumentum externum.
ii. Integumentum internum.
is. Integumentum simplex.
nc. Nucleus.
se. Sacculus embryonalis.
tp. Tubus pollinis.

Fig. 1—4. Limodorum abortivum (p. 135).

Fig. 1—4. Pollenkörner, welche im Innern des Staubbeutels Schläuche getrieben haben. Kein Schlauch verhält sich wie der andere; der eine bleibt schlauchförmig und macht leichte Ausbuchtungen (Fig. 4 *b c d*), der andere erweitert sich blasenförmig (Fig. 2) und wird dann wieder schlauchförmig oder theilt sich gar (Fig. 3). Die zierlich gefelderte Cuticula (*a*) wird nur in sehr seltenen Fällen abgestreift. (Juni 1854).

Fig. 5—9. Viscum album (p. 145).

Fig. 5. Ein Embryosack, am 28. April 1854 freigelegt. *y* u. *y* zwei Zellen, an beiden Enden des Embryosacks durch Theilung entstanden.

Fig. 6. Ein befruchteter Embryosack vom 13. Mai. Es sind zwei Pollenschläuche eingetreten, der eine tp^{+} verkümmert, der andere hat dagegen in seinem Innern bereits die erste Zelle (*x*) zum künftigen Keim gebildet. Die beiden Zellen *y* u. *y* an beiden Enden des Embryosacks wie auf der vorhergehenden Figur. *a* die Zelle, in welche der Pollenschlauch eingedrungen ist.

Fig. 7. Die Spitze eines Embryosacks von demselben Tage. Der Schnitt hat die eine Seite der Wand des Embryosacks hinweggeschält. Im eingetretenen Pollenschlauch ist bereits die erste Zelle (*x*) des Keimes entstanden.

Fig. 8. Ein Längsschnitt durch die Spitze eines befruchteten Embryosacks vom 3. Juli. Ein langes Stück des Pollenschlauches ist noch aufserhalb des Embryosacks vorhanden. Die Anlage des Keimes (*em.*) besteht schon aus zahlreichen Zellen; sie wird von einem dichten Gewebe, dem Endosperm (*edp.*) umschlossen.

Fig. 9. Längsschnitt aus der jungen Mistelbeere zu derselben Zeit. *a* Die primäre Rinde, in welcher die Gefäfsbündel zu den Narben der bereits abgefallenen Perigonblätter *d* verlaufen; *b* die Markscheide, *c* das Mark, in demselben liegen hier zwei befruchtete Embryosäcke (*se.*); *f f* die beiden Stützblätter der jungen Beere, *e* die Stelle, welche die Narbe vertritt.

Fig. 10—15. Canna (p. 142).

Fig. 10. Ein Längsschnitt aus der Mitte der Samenknospe zur Blüthezeit. *q* derjenige Theil, welcher später als falsches Perisperm das keimende Embryon ernährt.

Fig. 11. Die Spitze einer nicht befruchteten Samenknospe im Längsschnitt. *y* in der Spitze des Embryosacks gelegene Zellen.

Fig. 12. Die Spitze eines kürzlich befruchteten Embryosacks, vollständig freipräparirt. Neben dem eingedrungenen Pollenschlauch ($tp.^a$) schlingt sich seitlich ein zweiter Pollenschlauch ($tp.^b$) um die Membran des Embryosacks. *z* Ein Schleimklümpchen oder eine in der Resorption begriffene Zelle des Knospenkerns (?).

Fig. 13. Die Spitze einer kürzlich befruchteten Samenknospe vor Entfernung des innern Integuments.

Fig. 14. Dasselbe Präparat nach Entfernung desselben. Man sieht, dafs der Pollenschlauch nicht allein aufserhalb der Samenknospe, sondern auch im Innern des Embryosackes bedeutende Krümmungen macht, und so leicht Täuschungen herbeiführen kann. In seiner geschlossenen Spitze sind bei *x* zwei Zellkerne entstanden. (21. September 1854).

Fig. 15. Die Spitze eines Embryosacks der vollständig freigelegt war. Der vielleicht vor einigen Tagen eingedrungene Pollenschlauch hat in seinem Innern schon zahlreiche Zellen entwickelt. Aus der Spitze (*em.*) des in ihm entstandenen Zellenkörpers geht später die Keimanlage hervor.

Fig. 16—22. Lathraea squamaria (p. 140).

Fig. 16. Längsschnitt aus einer kürzlich befruchteten Samenknospe. *a* Die vordere Aussackung des Embryosacks, *b* die hintere Aussackung; *r* das Gefäfsbündel der Raphe.

Fig. 17. Eine jüngere, soeben befruchtete Samenknospe im Längsschnitt. zwei Pollenschläuche treten ein; der eine ($tp.^+$) gelangt in die Spitze des Embryosacks um die Zeit, wo sich die vordere und die hintere Aussackung (*a* u. *b*) zu entwickeln beginnen. An beiden Enden des Embryosacks lag kurz vorher eine grofse Zelle, die vordere bei *a* gelegene Zelle theilt sich in der Regel, bevor

sie gleich der hinteren untergeht, indem wahrscheinlich durch ihre Mitwirkung die beiden zellenleeren Aussackungen des Embryosacks entstehen. Aufser den beiden genannten Zellen, welche verschwinden, zeigen sich in dem Theil des Embryosackes, der später das Endosperm enthält, noch eine Reihe von Zellen, aus denen durch Theilung nach und nach das Endosperm entsteht. Ein besonderes Epithelium (*e*), der inneren Seite des einfachen Integumentes angehörig, bekleidet diesen Theil des Embryosackes. (2. Mai 1854).

Fig. 18. Die Spitze eines Embryosackes freigelegt; ein Pollenschlauch ist eingedrungen, aber noch nicht bis zum Endosperm herabgestiegen, dennoch hat sich derselbe bereits nach oben abgeschnürt.

Fig. 19. Die Spitze eines anderen Embryosackes freigelegt; der eingedrungene und bis zum Endosperm gelangte Pollenschlauch ragt keulenförmig weit aus dem Embryosack hervor; er ist an seiner Spitze vollständig geschlossen, worüber die Figuren 20 u. 21 Auskunft geben.

Fig. 20 u. 21. Aehnliche Präparate, doch liegt über dem gleichfalls etwas aufserhalb des Embryosacks rundlich abgeschlossenen Pollenschlauch noch gewissermafsen als Kappe ein Stück desjenigen Theiles, welcher sich im Knospenmund befindet und der, weil er daselbst nicht weiter ernährt wird, absterben und verschwinden mufs.

Fig. 22. Ein ähnliches Präparat, doch so gelegen, dafs man von oben auf die Eintrittsstelle (*f*) des Pollenschlauchs in den Embryosack herabsieht. Bei *c*, wo der Pollenschlauch, wie bei c^+, eine seitliche Ausbuchtung macht, ist selbiger mit der Membran des Embryosacks verwachsen. Das Endosperm ist bis auf wenige Zellen vollständig entfernt, der Theil des Pollenschlauchs, in welchem sich die Anlage zum Embryon (*emb.*) gebildet hat, liegt hier vollständig frei. (7. Mai 1854).

Fig. 23—25. Pedicularis silvatica (p. 140).

Fig. 23. Eine kürzlich befruchtete Samenknospe im Längsschnitt. Die Spitze des Embryosacks liegt schnabelförmig im einfachen Integument, von ihr geht die vordere Aussackung *a* seitlich ab; die hintere Aussackung (*b*) bleibt ziemlich unentwickelt. — Bevor die vordere Aussackung sich entwickelt, enthält der Embryosack der noch nicht entwickelten Samenknospe, wie bei Lathraea, eine Reihe von Zellen, die oberste und die unterste dieser Zellen werden nicht zu Mutterzellen, sie vergehen wie bei Lathraea, die übrigen Zellen werden dagegen zu Mutterzellen des Endosperms. Eine andere Zelle als die genannte, welche vergeht, ist weder bei Lathraea noch bei Pedicularis vor dem Eintritt des Pollenschlauchs in der Spitze des Embryosacks vorhanden. Hofmeister hat sich getäuscht, wenn er solche zu sehen geglaubt hat.

Fig. 24. Die Spitze des Embryosacks mit dem in dieselbe eingedrungenen Pollenschlauch freipräparirt. Im Pollenschlauch ist bereits die erste Zelle (*x*) als Anfang der Keimanlage entstanden. Dies Präparat ist von Herrn Th. Deecke angefertigt; ich habe dasselbe den Herren A. Braun, Ehrenberg, Mitscherlich, J. Müller, Pringsheim, H. Rose und Andern vorgelegt und gebe hier eine ganz getreue Abbildung, wie es sich gegenwärtig unter Chlorcalciumlösung darstellt.

Fig. 25. Die Spitze des Embryosacks, in welche der Pollenschlauch eingedrungen ist. Man erblickt das Loch, welches man auf Fig. 22 von oben sah, hier von der Seite. (30. Mai 1849).

Tafel IV.

Befruchtung der Nadelhölzer.

Oftmals wiederkehrende Bezeichnungen:

corp. Corpusculum.
edp. Endosperm.
em. Embryon.
nc. Nucleus.
se. Sacculus embryonalis.
tp. Tubus pollinis.

Fig. 1—2. Cupressus sempervirens (p. 148).

Fig. 1. Ein Pollenkorn um die Zeit, wo sich die Pollensäcke der Anthere öffnen. *a* Die Cuticula, *b* die eigentliche Pollenzelle; in derselben sind durch Theilung zwei Tochterzellen, *c* u. *d*, entstanden.

Fig. 2. Ein Pollenkorn, welches einen Pollenschlauch entwickelt. Die Cuticula (*a*) wird als zweiklappige Hülle abgestreift, die Membran der eigentlichen Pollenzelle (*b*) ist gallertartig erweicht, sie wird vom Pollenschlauch, welcher aus einer Verlängerung der Tochterzelle *d* hervorgeht, durchbrochen. (3. April 54).

Fig. 3—14. Taxus baccata (p. 149).

Fig. 3. Partie aus dem zarten Längsschnitt durch den Knospenkern einer bestäubten Samenknospe. Der Pollenschlauch legt sich über die schlauchförmig vorgezogene Spitze (*a*) des noch zellenleeren Embryosacks. (30. Mai 1854).

Fig. 4. Längsschnitt durch den Knospenkern einer Samenknospe mit zwei Embryosäcken. Drei eingedrungene Pollenschläuche legen sich blasenartig über den unteren Embryosack, welcher bereits Endosperm gebildet hat. (11. Juni 54).

Fig. 5. Ein Embryosack aus derselben Zeit, freigelegt.

Fig. 6. Partie aus einem Längsschnitt durch die Samenknospe. Das Gewebe des Pollenkorns ist von dem blasenförmig angeschwollenen Pollenschlauch entfernt, derselbe ist vom Endosperm, über welchem er gelegen hat, sorgfältig abgehoben; man sieht, dafs er über jedem Corpusculum eine Ausbuchtung bildete, bei *c* liegt in dieser Ausbuchtung schon die Mutterzelle der nachherigen Rosette. Bei *x* zeigt sich eine bereits fertige, aus 4 Zellen bestehende Rosette im Innern des Pollenschlauchs. In dem kleinsten Corpusculum erblickt man eine dunkle, körnige Kugel, welche aus einer Vacuole entstanden ist. (18. Juni 54).

Fig. 7. Die Ausbuchtung eines Pollenschlauchs, welche über einem Corpusculum lag; in derselben ist die Anlage zur Rosette (*x*) vorhanden.

Fig. 8. Ein gänzlich freigelegter Pollenschlauch mit der über einem Corpusculum entstandenen Anlage zur Rosette (*x*).

Fig. 9. Der untere Theil dieses Pollenschlauches, stärker vergröfsert; jede Zelle der Rosette zeigt einen Zellenkern. (18. Juni 1854).

Fig. 10. Theil eines freipräparirten Pollenschlauchs, der seine Rosette (*x*) bereits ins Corpusculum gesenkt hatte.

Fig. 11. Theil eines anderen, gleichfalls freipräparirten Pollenschlauches, welcher noch tiefer ins Corpusculum eingedrungen war, und dessen Rosette nicht mehr aus einer, sondern schon aus zwei Zellenlagen bestand.

Fig. 12. Ein Corpusculum, in welches der Pollenschlauch bereits herabgestiegen ist, die Rosette liegt am Grunde; der Pollenschlauch ist über der verengerten Wandung des Corpusculums abgerissen.

Fig. 13. Ein Pollenschlauch im Corpusculum. Aus der ursprünglich vierzelligen Rosette ist ein nicht ganz regelmäfsig geordneter Zellenkörper geworden.

Fig. 14. Ein Pollenschlauch, bis zu den Embryonalschläuchen (*c*) herab freigelegt. *em.* Die Anlage zum Embryon. (23. Juni 1854).

Fig. 15. Thuja orientalis (p. 144).

Ein vielfach verzweigter Pollenschlauch aus dem Gewebe der Kernwarze, vollständig freigelegt. *y* Ausbuchtungen, welche sich in die Corpuscula senken. Von der Region *z* ab, wo der Pollenschlauch den Knospenkern verläfst und sich in die Vertiefung des Endosperms, unter welcher die zahlreichen Corpuscula liegen, einbettet, wird derselbe so aufserordentlich zart, dafs seine Umrisse nur sehr schwach gezeichnet erscheinen, es gelang mir deshalb niemals, den ins Corpusculum gedrungenen Theil des Pollenschlauches unversehrt aus selbigem herauszuziehen. (12. Juli 1854).

Fig. 16 u. 17. Larix europaea (p. 148).

Fig. 16 u. 17. Zwei Pollenkörner zur Zeit wo die Staubbeutel aufspringen, *a* Die Cuticula, *b* die Membran der eigentlichen Pollenzelle, in derselben ist durch wiederholte Theilung ein Körper entstanden, dessen Endzelle *e* zum Pollenschlauch wird, *d* ernährt diese Endzelle, während bei Cupressus (Fig. 1 u. 2) gerade diese Zelle (*d*) zum Pollenschlauch wird. Der Zellenkörper im Innern des Pollenkorns besteht bei Larix aus 4 Zellen, die beiden untersten verlieren bald ihren Zellsaft und erscheinen dann als zwei Spalten in der Membran des Pollenkorns, so auf Fig. 17. (10. April 1854).

Fig. 18 u. 19. Pinus silvestris (p. 148).

Fig. 18. Ein Pollenkorn zur Zeit, wo die männliche Blüthe stäubt. *a* Die Cuticula, *b* die bereits aufgelockerte Membran der eigentlichen Pollenzelle, *c* die unterste Zelle des Körpers, als dessen Endzelle *e* auftritt.

Fig. 19. Ein Pollenkorn unter Salpetersäure; die stark aufgequollene Pollenzelle (*b*) hat die Cuticula abgestreift, die Tochterzelle *e* tritt schon als Anfang eines Pollenschlauchs hervor. (2. Juni 1853).

Fig. 20—22. Ephedra major (p. 148).

Fig. 20. Ein Pollenkorn aus der Zeit, wo die Antheren stäuben.

Fig. 21. Ein Pollenkorn aus derselben Zeit, welches im Wasser des Objectträgers seine Cuticula (*a*) abstreift; *e* diejenige Tochterzelle, welche zum Pollenschlauch wird, *d* die Zelle, welche ihm die erste Nahrung bietet.

Fig. 22. Ein Pollenkorn ohne seine Cuticula. Der Zellenkörper besteht aus 3 Zellen, die erste, kleinste Zelle (*c*) zeigt sich auch, indem sie ihren Saft verliert, bisweilen scheinbar als Spalte. (4. November 1854).

Fig. 23—33. Pinus silvestris (p. 153).

Fig. 23. Partie aus einem Längsschnitt durch die Samenknospe. Der Pollenschlauch hat sich zwischen die Schlufszellen (*y*) gedrängt und liegt jetzt unmittelbar über der Membran des Corpusculums, welche durch ihn etwas nach Innen gedrängt ist. Sowohl im Pollenschlauch als auch im Corpusculum sind zahlreiche Scheinzellen (Vacuolen) vorhanden. (9. Juni 1854).

Fig. 24. Partie aus einem ähnlichen Längsschnitt. Nur der obere Theil des Corpusculums, in welches, wie auf der vorigen Figur, ein Pollenschlauch eindringt, ist gezeichnet.

Fig. 25. Ein ähnliches Präparat; im Pollenschlauch beginnt eine Zellenbildung.

Fig. 26. Ein ähnliches Präparat; am eingedrungenen Pollenschlauch hängt eine kugelige Zelle *x*.

Fig. 27. Ein darauf folgender Zustand; die kugelige Zelle *x* der vorigen Figur hat sich getheilt; aus der oberen Hälfte des Corpusculums sind die Scheinzellen verschwunden.

Fig. 28. Ein etwas jüngerer Zustand; die Zelle *x* ist in der Theilung begriffen, sie wird in diesem Falle noch von einer besonderen Stielzelle, welche sich auf Fig. 32 wiederfindet, getragen.

Fig. 29. Partie aus einem Längsschnitt durch die Mitte der Samenknospe. Zwei Corpuscula, deren jedes durch einen besonderen Pollenschlauch befruchtet wurde. Im Corpusculum der rechten Seite hängt der Zellenkörper *x*, dessen Bildung wir in den vorhergehenden Figuren verfolgt haben, noch am eingedrungenen Pollenschlauch. Die Scheinzellen sind aus der oberen Hälfte des Corpusculums verschwunden. Im Corpusculum der linken Seite sieht man dagegen den Pollenschlauch als entleerten Embryoträger (*fs*); aus dem Grunde des Corpusculums steigen bereits Embryonalschläuche (*c*) herab, welche die Anlage zum Embryon (*em.*) tragen. (21. Juni 1854).

Fig. 30. Das Körperchen *x* aus der vorigen Figur von oben gesehen, dasselbe liegt jetzt im aufbewahrten Präparat an der mit *a* bezeichneten Stelle.

Fig. 31. Längsschnitt durch ein Corpusculum. Der eingedrungene Pollenschlauch als entleerter Embryoträger in der Spitze desselben; ihm gegenüber im Grunde des Corpusculums liegt der Zellenkörper *x* der vorigen Figur, dessen Zellen sich bereits in wagerechter Richtung einmal getheilt haben. Die obere Zellenlage *a* theilt sich darauf nicht wieder.

Fig. 32. Ein etwas späterer Zustand, der eingedrungene Pollenschlauch wieder als entleerter Embryoträger; die Zellenlage *b* der vorigen Figur hat sich hier in wagerechter Richtung getheilt; die obere Lage *b* (Fig. 32) theilt sich darauf nicht wieder, die Lage *c* ist dagegen schon in der Theilung begriffen, jede ihrer Zellen enthält schon zwei Zellenkerne, so entstehen die Zellenlagen *a* u. *b* der Fig. 29, desgleichen die Embryonalschläuche *c* und endlich die Zellen *d*, welche das Embryon bilden.

Fig. 33. Eine sogenannte untere Rosette, d. h. der im Grunde des Corpusculums gelegene, aus 4 Zellen bestehende Körper, aus einem Zustande, welcher etwa der Fig. 31 entspricht, von oben gesehen, derselbe erscheint mit dem Zellenkörper *x* der Figur 29 identisch.

Tafel V.

Die Buchstaben haben für dieselbe Pflanze immer dieselbe Bedeutung, sie sind deshalb in der Regel nur einmal erklärt.

Entwickelungsgeschichte der Blüthe von Asclepias syriaca. (Vergl. Pag. 166).

Fig. 1. Die entfaltete Blüthe von oben gesehen.

Fig. 2. Eine entfaltete Blüthe der Länge nach halbirt. *a*, *b*, *c* auf beiden Figuren gleichbedeutend; *a*, *b* Anhängsel des Filaments.

Fig. 3. Eine entfaltete Blüthe von der Seite gesehen.

Fig. 4. Ein Längsschnitt und Fig. 5 ein Querschnitt durch eine ganz junge Blüthenanlage.

Fig. 6 u. 8. Querschnitte; auf Fig. 8 sind nur zwei Kelchblätter gezeichnet.

Fig. 7. Ein Längsschnitt, der Fig. 8 entsprechend.

Fig. 10. Ein Querschnitt; die Kelchblätter sind ganz weggelassen, von den Blumenblättern ist nur eins gezeichnet.

Fig. 9 u. 11. sind Längsschnitte; sowohl die Kelch- als die Blumenblätter sind weggelassen.

Fig. 12. *a' b' c' d'* sind vier Querschnitte durch die beiden Fruchtknoten einer jungen Blüthe in verschiedenen Höhen; auf Fig. 13 ist die Höhe jedes Schnittes mit denselben Buchstaben bezeichnet.

Fig. 13. Ein Längsschnitt; Kelch- und Blumenblätter sind weggelassen, nur eine Anthere ist gezeichnet; es bilden sich die Anhängsel des Filaments, *a* u. *b*.

Fig. 14. Längsschnitt durch den oberen Theil des Pistills, aus einer fast entwickelten Blüthe, *a* die unter dem Narbenkörper befindliche Stelle, wo die Pollenschläuche in den Staubwegkanal treten, *y* die absondernde Stelle des Narbenkörpers. Nur die eine Hälfte des Präparates ist gezeichnet.

Fig. 15. Ein kleiner Theil eines dünnen Querschnittes durch den Narbenkörper einer beinahe entwickelten Blüthe. *y* das absondernde Epithelium, aus langen dünnen Papillen bestehend, *x* das erhärtete Secret, die sogenannte Drüse, ebenfalls als dünner Querschnitt, mit den Papillen verklebt.

Fig. 16. Querschnitt aus dem unteren Theil eines Fruchtknotens zur Blüthezeit,

Fig. 17 — 19. Entwickelungszustände der Samenknospe.

Fig. 20. Eine Urmutterzelle aus dem Querschnitt durch eine ganz junge Anthere, noch von den benachbarten kleinen Zellen umgeben; (zwei Zellkerne und zwischen ihnen eine Linie deuten auf das Entstehen zweier neuen Zellen in der Mutterzelle).

Fig. 21. Zwei Pollenmassen, verschiedenen Antheren angehörend, durch die sogenannte Drüse *x* und deren strangartige Verlängerungen (beides Secretionsproducte) mit einander verbunden.

Fig. 22. Querschnitt aus dem oberen Theil einer ausgebildeten Anthere. (Nach der Höhe, in welcher ein solcher Schnitt geführt wird, erhält man bei der wunderbaren Gestalt des Staubfadens sehr verschiedene Ansichten). Die Anthere ist von Anfang an zweifächerig. *a* das Gefäfsbündel des Connectivs, *b b* die beiden Antherenfächer.

Fig. 23. Partie von einem dünnen Querschnitt durch die Pollenmasse, *a* die Absonderungsschicht, *b* eine der Pollenzellen.

Fig. 24—40. Entwickelungsgeschichte der Blüthe von Agropyrum giganteum (p. 170).

Fig. 24. Eine ganz junge Aehre (Spica), von sämmtlichen sie umhüllenden Blättern befreit. *a* u. *b* die Basis der beiden letzten, mit der Nadel entfernten stengelumfassenden Blätter; *br.*⁺ das Rudiment eines Deckblattes (der Bractea) an der Hauptspindel, in dessen Achsel eine Knospe auftritt, welche zum Aehrchen (zur Spicula) wird (*sp.*); *pv.*⁺ der Vegetationskegel der Hauptspindel. In der Spindel selbst sieht man nach beiden Seiten den Verlauf der Gefäfsbündel zu jedem Achrchen; die letzteren wechseln von Anfang an in ihrer Stellung mit einander, d. h. es steht kein Aehrchen der einen Seite mit einem anderen Aehrchen der anderen Seite auf gleicher Höhe. Die Linie zur rechten Seite der Figur bezeichnet die wahre Gröfse der jungen Aehre. (22. Mai 1850).

Fig. 25. Ein Aehrchen, am 31. Mai von der Spindel einer jungen Aehre abgelöst. Auch hier haben sich nach beiden Seiten des Aehrchens halbstengelumfassende Blätter (I—VIII) gebildet, welche ebenfalls mit einander abwechseln. In der Achsel der beiden untersten Blätter (I u. II) ist keine Blüthenknospe entstanden. In der Achsel der Blätter IV u. V erscheint die Knospe noch als nackter Vegetationskegel (*pv.*), während am Blatte III schon der erste Blattkreis *x* der Blüthenknospe angelegt ist. Die Linie zur rechten Seite der Figur bezeichnet die wahre Gröfse der Aehre.

Fig. 26. Ein Aehrchen in demselben Zustande, von der schmalen Seite, der Spindel (*r*) der Aehre anliegend, gesehen. II—VIII bezeichnen die Blätter, denen der vorigen Figur entsprechend.

Fig. 27—29. Eine junge Blüthe am 12. Juni von einem Aehrchen abgelöst. Fig. 27 zeigt die Blüthenanlage von oben gesehen mit der Bractea (*br. f*). Fig. 28 zeigt dieselbe nach Entfernung dieses Deckblattes und Fig. 29 giebt dieselbe in der Seitenansicht. *x* der erste Blattkreis als dreizüpfelige, an den Rändern etwas aufgebogene Fläche. Die 3 Antheren (*anth.*) als dritter Blattkreis verdecken die beiden noch sehr kleinen Wärzchen des zwischen ihnen liegenden Kreises. Der Fruchtknoten (*germ.*) erscheint als kleines, in der Mitte etwas ausgehöhltes Wärzchen auf der Spitze der Blüthenanlage.

Fig. 30 u. 31 geben ähnliche Zustände, die beiden Wärzchen des zweiten Blattkreises (*y*) sind hier deutlicher sichtbar.

Fig. 32. Eine Blüthenanlage aus derselben Zeit zeigt als sehr seltenen Fall auch die Anlage zu einem dritten Wärzchen, dasselbe liegt dem äufseren Staubfaden gegenüber an der anderen Seite des Fruchtknotens, es kommt nicht zur

Ausbildung. Die Linie zur linken Seite der Figur bezeichnet die wahre Gröfse der Aehre.

Fig. 33. Eine nur wenig weiter vorgerückte Blüthenknospe von der der Spindel des Aehrchens zugewendeten Seite gesehen. Der erste Blattkreis *x* hat sich nach dieser Seite etwas erhoben, man sieht die beiden Züpfel *a* u. *b*.

Fig. 34. Dieselbe Blüthenknospe von der anderen Seite gesehen; der dritte Züpfel des ersten Blattkreises, den wir auf Fig. 29 deutlich sehen, ist nicht weiter zur Ausbildung gekommen, dagegen haben sich die beiden Wärzchen *y* als Lodiculae erhoben. (4. Juni 1850).

Fig. 35. Eine Blüthe am 12. Juni, von der der Spindel zugewendeten Seite gesehen, *a* u. *b* die beiden Züpfel des ersten Blattkreises *x*, welcher bereits zur Palea superior geworden ist. Auf dem Rande des Fruchtknotens (*g*) erheben sich 2 kleine Warzen als die Anfänge der beiden Narben.

Fig. 36. Eine Blüthe am 17. Juni, von der anderen Seite gesehen.

Fig. 37. Ein Querschnitt durch solche Blüthe.

Fig. 38. Der junge Fruchtknoten mit seinen beiden Narben (*st.*) freipräparirt. (17. Juni 1850).

Fig. 39. Längsschnitt durch einen jungen Fruchtknoten. Die Samenknospe (*gemm.*) ist bereits seitenständig geworden, sie besitzt 2 Integumente. (29. Juni 50).

Fig. 40. Eine geöffnete Blüthe.

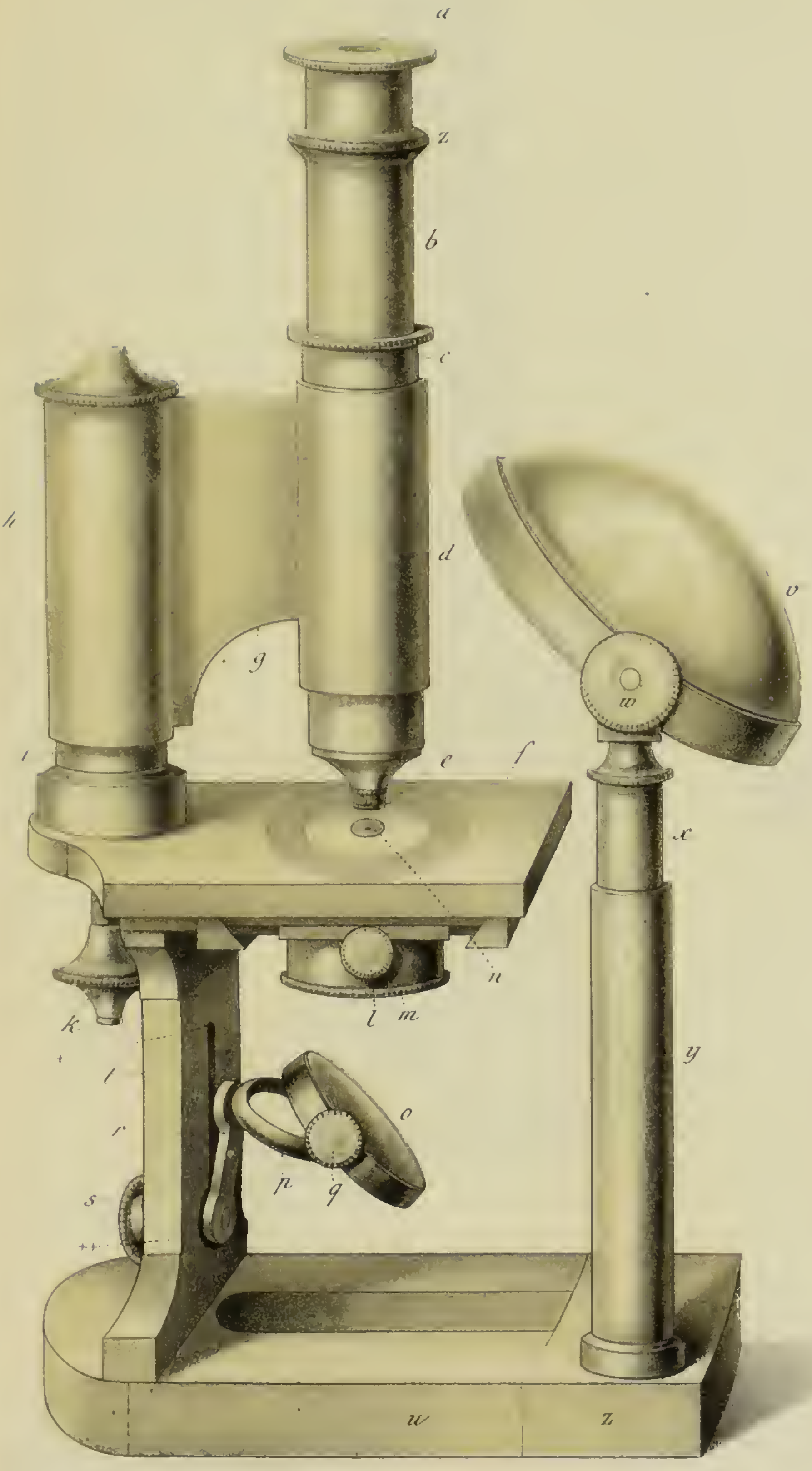
Fig. 41—43. Lolium perenne (p. 173).

Fig. 41. Eine junge Blüthenanlage, von der Seite der Bractea gesehen.

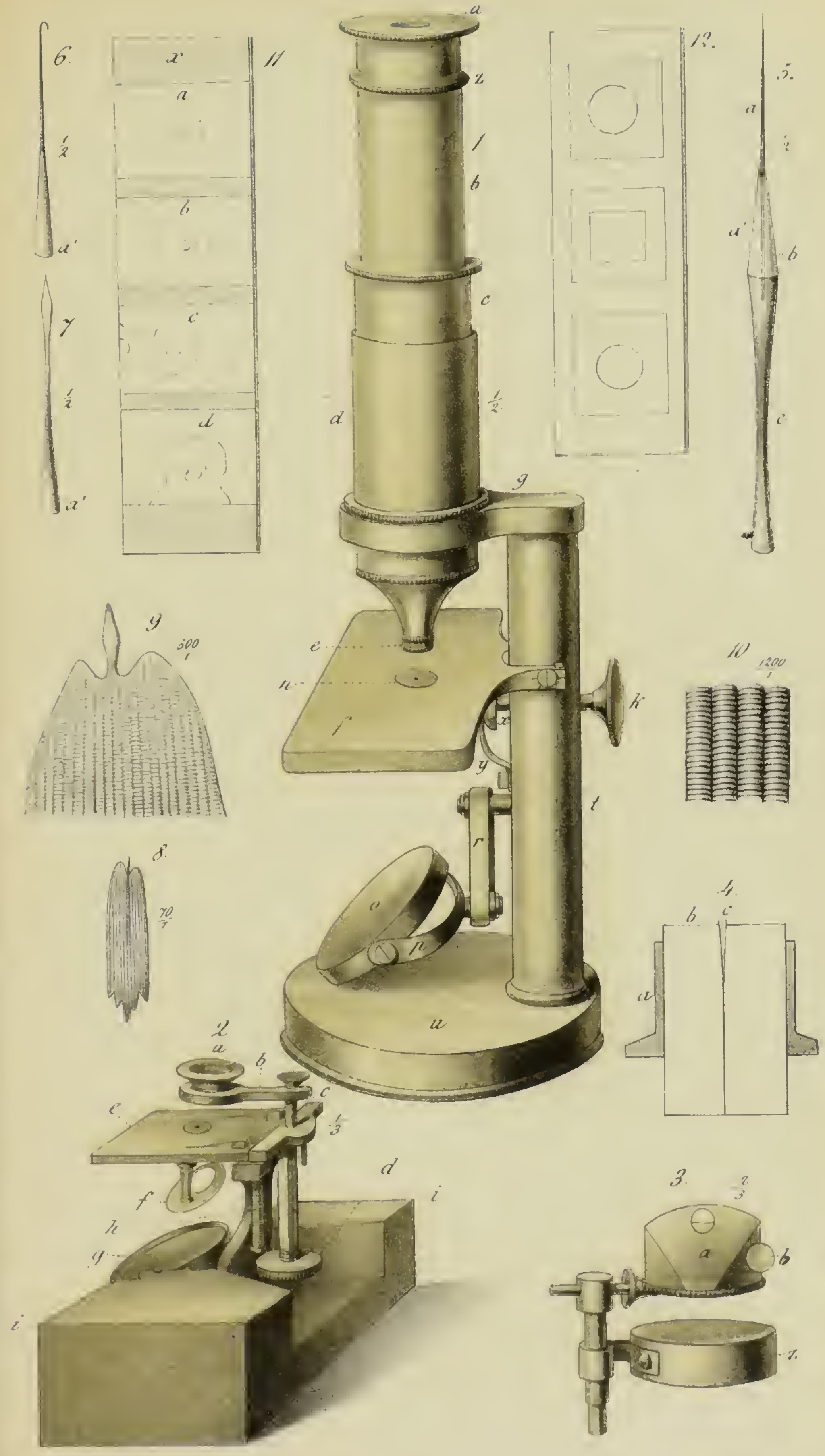
Fig. 42. Eine ähnliche Blüthenanlage mit ihrem Deckblatt (*br. f*), welches eine Granne entwickelt, von der anderen Seite. (27. Juni 1850).

Fig. 43. Ein Fruchtknoten mit seinen beiden Narben, der geöffneten Blüthe entnommen. (15. Juli 1850).

DRUCK VON GUSTAV SCHADE IN BERLIN,
Oranienburgerstr. 27.

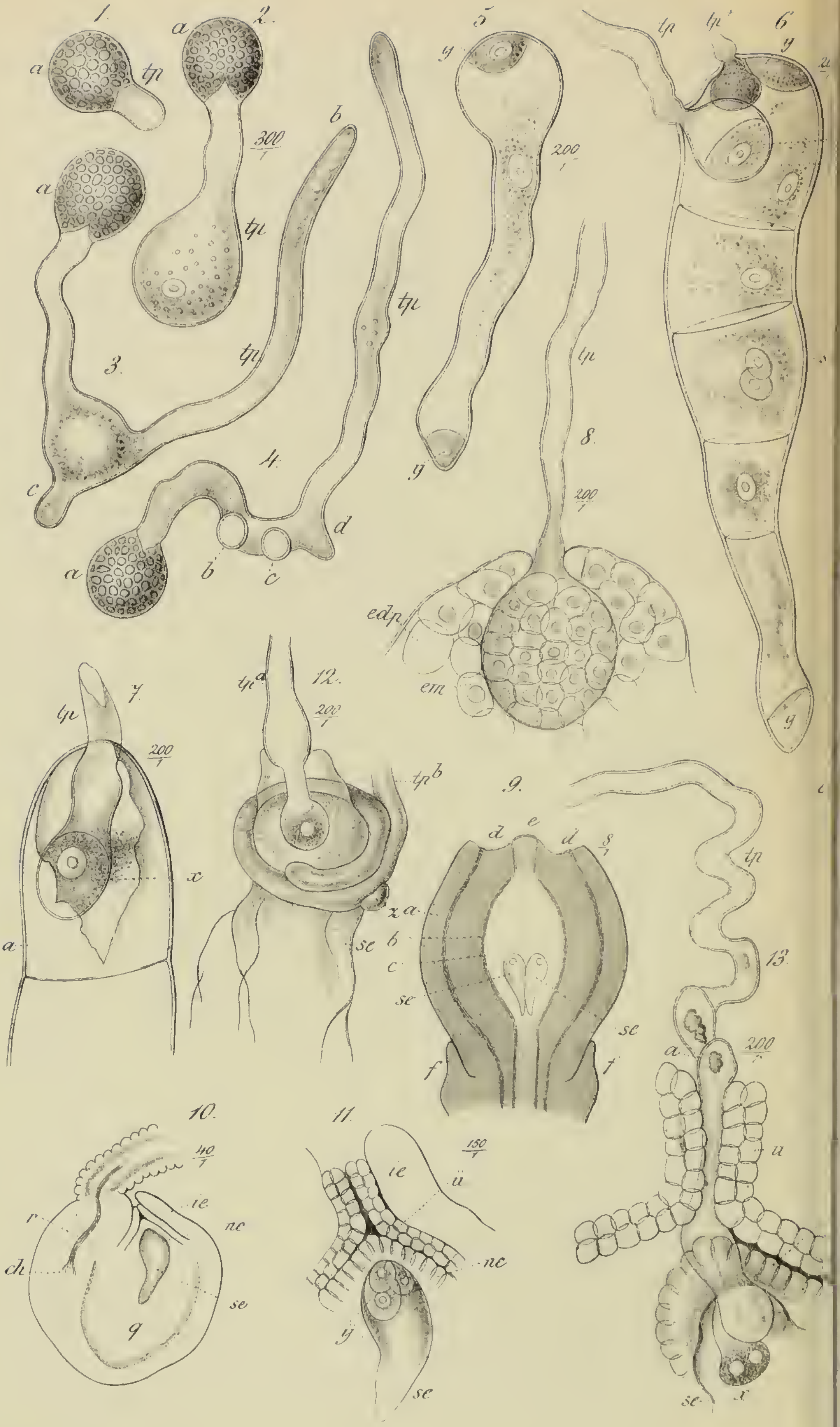


H. Schacht ad nat. del.
C. F. Schmidt lith.



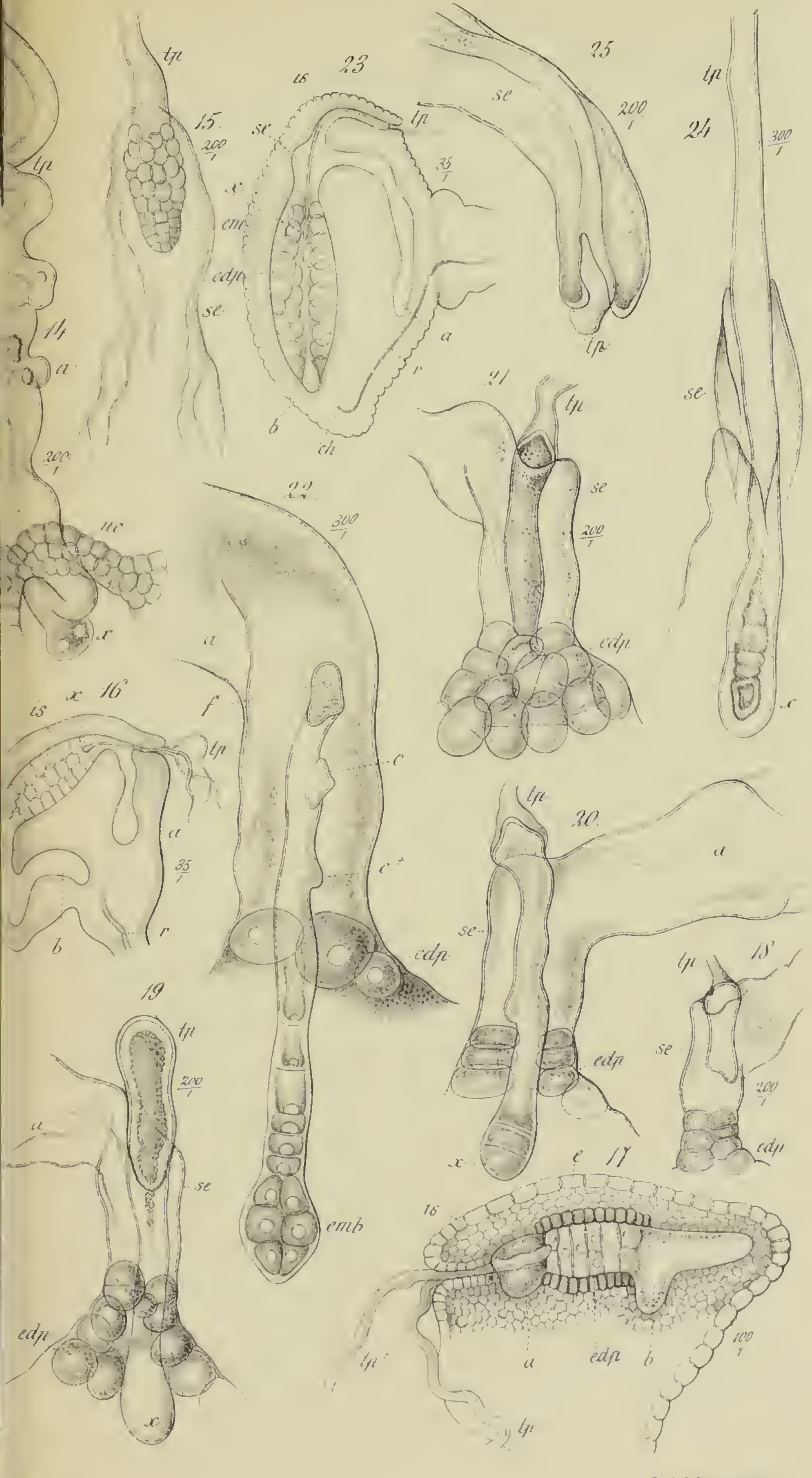
H. Schacht ad nat. del.

C. F. Schmidt lith.

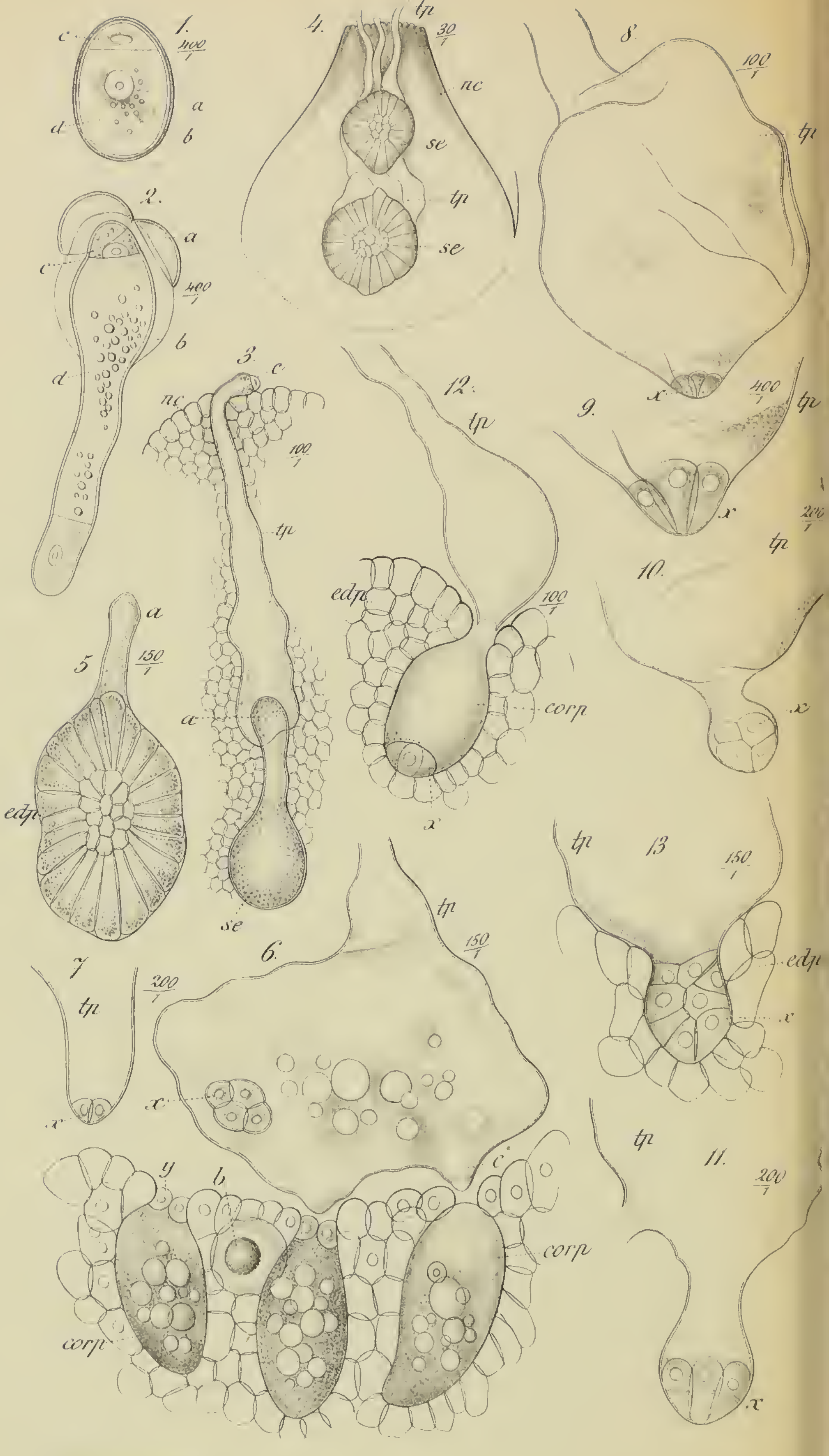


H. Schacht ad nat. del.

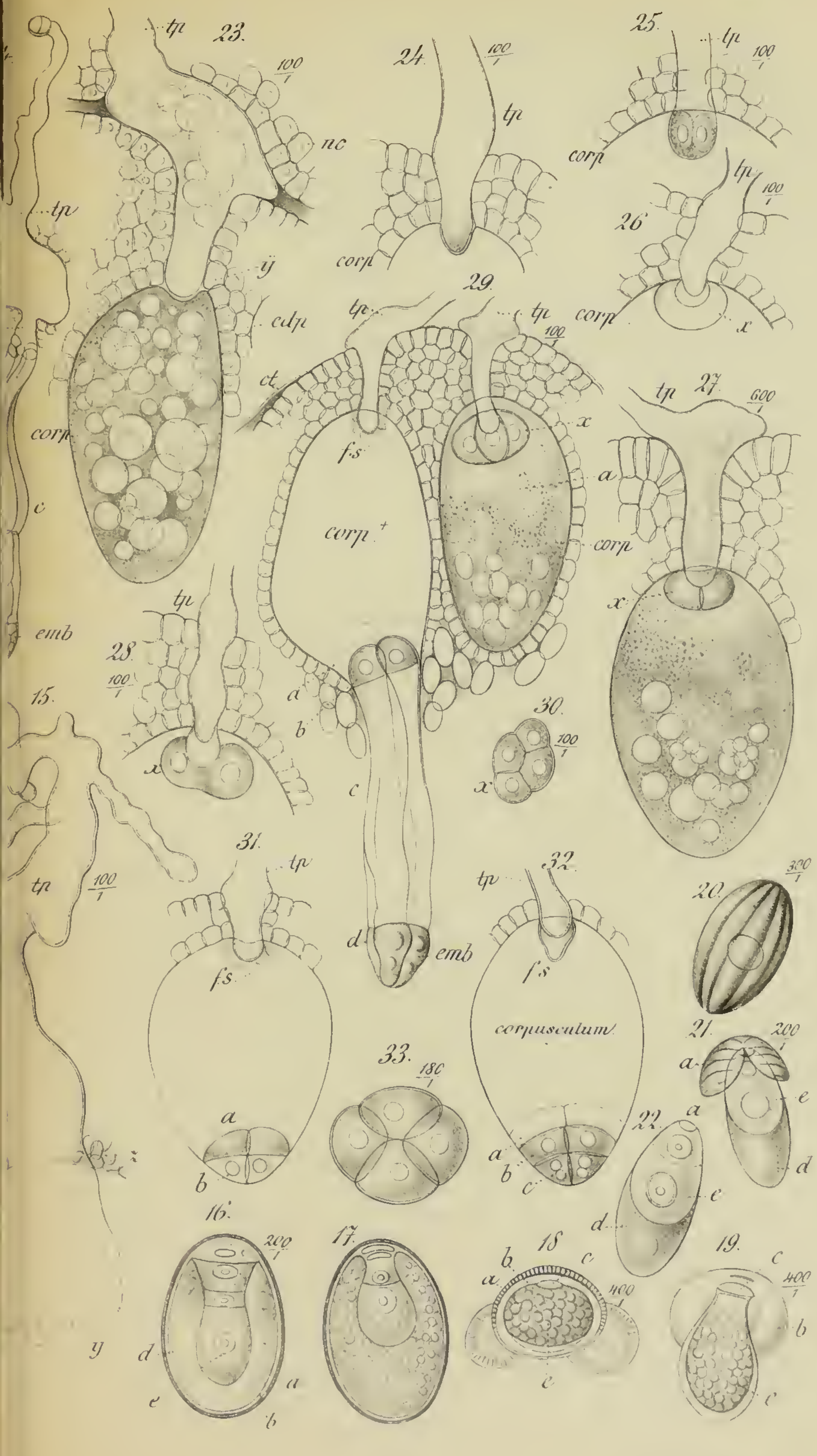
Taf. III.



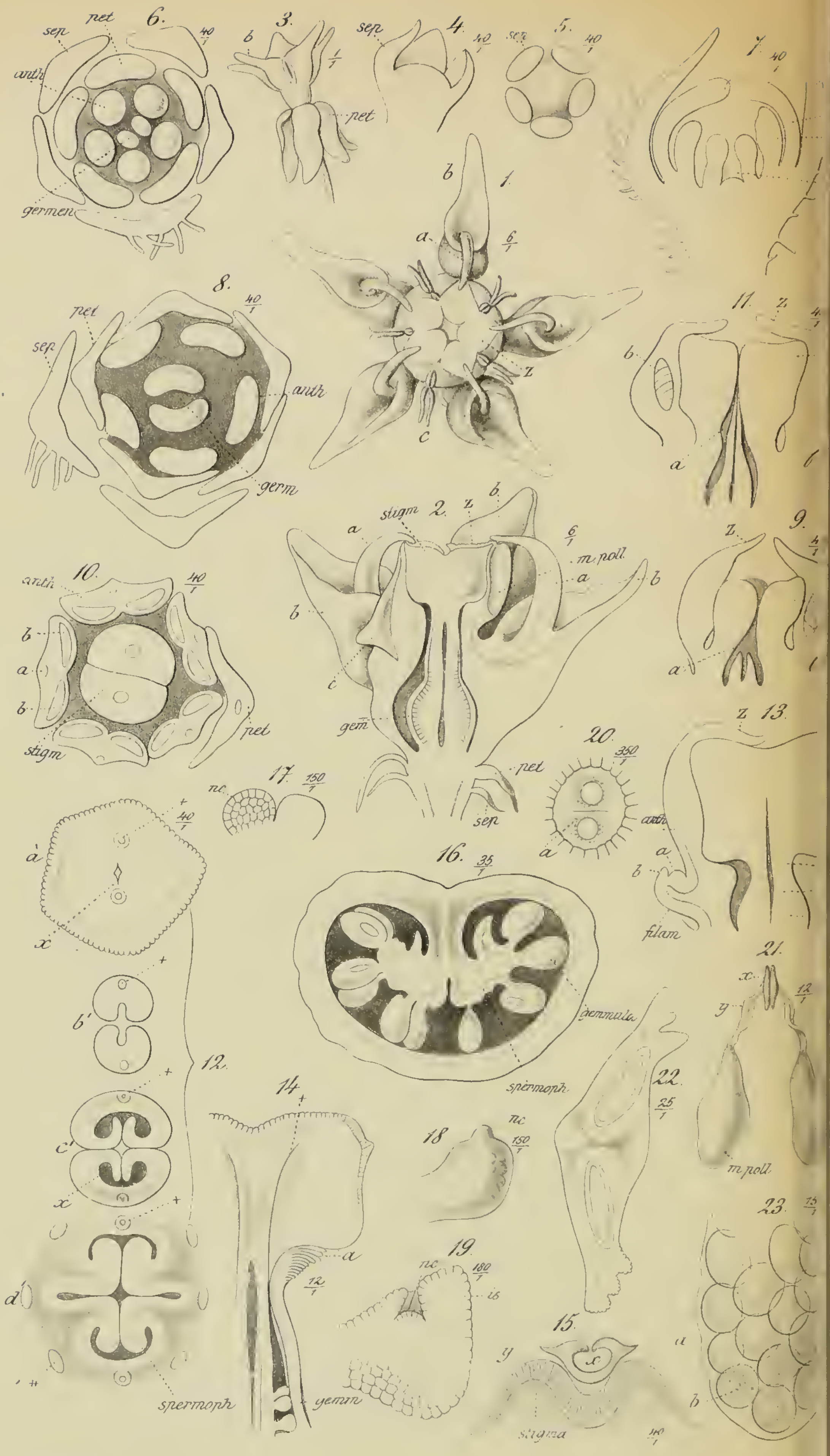
G. F. Schmidt lith.



H Schacht ad nat. del.

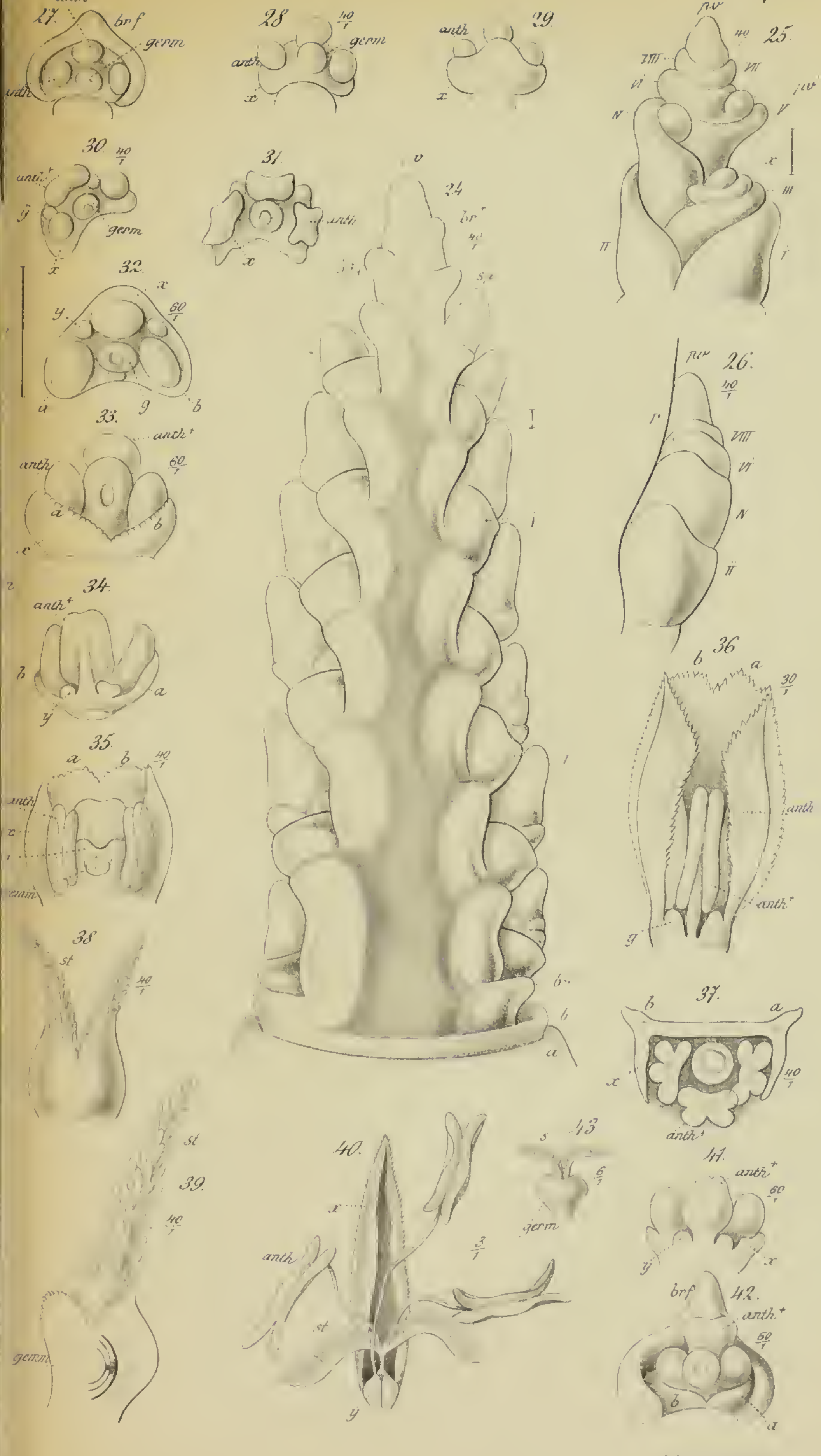


C. F. Schmidt lith.



H. Schacht ad nat. del.

Taf. V.



C F Schmidt lith